

**ОРГАНИЗАЦИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ
(ОСЖД)**

III издание

Согласовано совещанием экспертов Комиссии ОСЖД
по инфраструктуре и подвижному составу
2-3 октября 2023 года, Комитет ОСЖД, г. Варшава

Утверждено совещанием Комиссии ОСЖД
по инфраструктуре и подвижному составу
7-9 ноября 2023 года, Комитет ОСЖД, г. Варшава

Дата вступления в силу: 9 ноября 2023 года

Примечание: Теряет силу II издание Памятки от 06.11.2008 года

P 688

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЦИОНАЛЬНОЙ
ОРГАНИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ДИАГНОСТИКИ ЛОКОМОТИВОВ В СИСТЕМЕ ИХ
ТЕХНИЧЕСКОГО СОДЕРЖАНИЯ**

ВВЕДЕНИЕ

Постоянное изыскание резервов увеличения межремонтных пробегов и сокращения объемов работ по осмотру и восстановлению - главные направления совершенствования системы технического обслуживания и ремонта тягового подвижного состава.

Планово-предупредительная система технического содержания (ППР) локомотивов сложилась до широкого развития теории, методов и средств технической диагностики. Она предусматривает строгое соблюдение регламентированных периодичности технических обслуживаний (ТО), плановых ремонтов (текущих - ТР, капитальных - КР) (далее ТОиР) и состава осмотровых, восстановительных операций. Система ППР имеет профилактический характер.

Наработка на отказ (внезапный, промежуточный) узлов различного типа неодинакова, поэтому каждому виду ТОиР соответствует свой ряд узлов, «лимитирующих» периодичность этих ТОиР.

Лимитирующие узлы – это узлы, техническое состояние которых в наибольшей степени оказывает влияние на интегральный показатель, характеризующий эксплуатационную надежность тягового подвижного состава (ТПС), величину удельных эксплуатационных расходов локомотивного хозяйства, безопасность движения, пропускную способность железных дорог и, в конечном счете, себестоимость перевозок. Для остальных узлов сроки постановки в ТОиР являются преждевременными, и их ресурс при ППР недоиспользуется.

Достаточно сложно учесть все многообразие определяющих техническое состояние оборудования факторов, многие из которых носят случайный характер, по-разному проявляясь в конкретных условиях эксплуатации при различных климатических и нагрузочных режимах. Вследствие этого ресурс одноименных элементов, величиной которого ограничены межремонтные пробеги, значительно различается у локомотивов, приписанных к разным депо.

Развитие микропроцессорных систем, машинного зрения, искусственного интеллекта в совокупности с множеством устройств контроля параметров (датчиков и сенсоров) позволяет внедрять диагностику в больший спектр узлов и элементов подвижного состава. Оперативная беспроводная передача данных о состоянии составных частей подвижного состава в пункты технического обслуживания и диагностики позволяют не только выстроить эффективную систему ремонта, но и спрогнозировать достижение предотказного состояния локомотива в пути следования. Отсутствие повсеместного внедрения систем диагностики, связанного с особенностями условий эксплуатации и конфигурациями комплектующего оборудования, является приоритетной задачей развития данного направления. На период ее решения целесообразно

внедрить вариативную систему технического обслуживания и ремонта, основывающуюся на совокупности расчетных прогнозных данных и фактических параметрах, полученных в результате плановой натурной диагностики определенных узлов.

1 СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА (ТОиР)

Различают два основных варианта системы ТОиР:

- по наработке, когда локомотив изымается из эксплуатации и направляется на обслуживание или ремонт при достижении определенной наработки, заданной заранее и не зависящей от технического состояния его оборудования;
- по состоянию, когда локомотив ставят в ремонт только в случае отказа какого-либо устройства или если его техническое состояние, требует проведения работ по восстановлению.

Каждый из этих вариантов имеет как преимущества, так и недостатки, и различаются они той ролью, которую играет техническое диагностирование в системе ТОиР.

Преимуществом обслуживания по наработке является то, что оно позволяет объединять ремонтные операции различного оборудования и таким образом снижать продолжительность простоя локомотива в ремонтах; осуществлять долговременное планирование программы и объема ремонтов различного вида; планировать поставку необходимых запасных частей и материалов, осуществлять равномерную загрузку ремонтных цехов, планировать численность ремонтного персонала и фонда заработной платы и т.д. Недостаток обслуживания по наработке заключается в том, что в процессе выполнения планового ремонта или технического обслуживания осуществляется ревизия или ремонт оборудования независимо от его технического состояния. Вмешательство в работу нормально функционирующего оборудования может не только не улучшить, но и ухудшить его техническое состояние, так как возникнут приработочные отказы, а также всегда имеется вероятность ошибки при сборке и регулировке, выполняемых обслуживающим персоналом. Это, в свою очередь, приведет к необходимости проведения дополнительных неплановых ремонтов, увеличению простоя локомотива в ремонтах. Роль технической диагностики в системе ремонта по наработке сведена к минимуму и используется она зачастую в качестве стационарных средств диагностирования. При этом современные микропроцессорные системы диагностики и управления, устанавливаемые на новые локомотивы, зачастую не используются для получения информации о техническом состоянии узлов при наличии

потенциальной возможности.

При ТОиР по состоянию объем и периодичность ремонтных операций определяются фактическим техническим состоянием оборудования, которое постоянно или периодически контролируется с помощью средств технического диагностирования. Операции по замене регулировке и восстановлению в этом случае назначают при обнаружении неработоспособного оборудования или его предотказного состояния.

Такое проведение ремонта позволяет уменьшить число отказов, выполняемых в процессе ТОиР регулировок, демонтажей и монтажей оборудования на локомотиве. Благодаря такому проведению ТОиР становится возможным снизить расход запасных частей, так как уменьшаются необоснованные замены узлов и деталей, повышается период использования ТПС по назначению. При этом переход на ремонт оборудования по техническому состоянию может оказать негативное влияние на надежность локомотива, если диагностика каждого узла не будет в полной мере отражать его техническое состояние. Следовательно, необходимо проработать возможность диагностики работоспособности системы в целом и критических точек по каждому узлу с программированием состояний, влекущих за собой впоследствии выход узла из строя. По этой причине установку датчиков, фиксирующих только фактический выход из строя узла, нельзя относить к системе определения предотказного состояния.

Предотвращение отказов ТПС в системе ТОиР осуществляется наиболее эффективно в том случае, когда удастся выявить вероятность потери работоспособности оборудования на самых ранних стадиях развития этого процесса. При этом восстановление ресурса может быть проведено внесением небольших изменений в конструкцию неправильно работающего узла, что может предотвратить возникновение отказа и нарушение работоспособности изделия, влекущее за собой поломку и необходимость его замены на новое. Достижению этой цели служит система технического диагностирования, которая является неотъемлемой составной частью системы ТОиР локомотивов, учитывающей их фактическое состояние.

Выполнение технического обслуживания и ремонта локомотивов с учетом их фактического состояния должно быть основано на исчерпывающей и достоверной информации о техническом состоянии оборудования каждого локомотива. Наиболее эффективным способом получения такой информации является техническое диагностирование с использованием информационных измерительных систем, микропроцессорной техники, персональных компьютеров и автоматизированных рабочих мест, поэтому такую систему ТОиР вполне обоснованно можно считать автоматизированной системой ППР локомотивов.

2 ВИДЫ ЗАДАЧ, РЕШАЕМЫХ НА ОСНОВЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Применение технической диагностики позволяет определять фактическое техническое состояние конкретных узлов локомотива.

Техническая диагностика – это область науки и техники, изучающая методы и средства определения технического состояния машин и механизмов без их разборки.

Применение методов и средств технической диагностики позволяет решить ряд экономических и социальных задач в производственной деятельности, а именно:

- снизить эксплуатационные расходы за счет уменьшения трудоемкости и времени ремонта оборудования;
- предупреждать неисправности, благодаря своевременному выявлению дефектов;
- увеличить долговечность оборудования при устранении дефектов на ранних стадиях их появления;
- уменьшить количество обслуживающего персонала;
- повысить производительность;
- оптимизировать количество запасных деталей за счет прогнозирования отказов.

С точки зрения обеспечения безопасности движения все имеющиеся информационные ресурсы необходимо направлять на решение масштабной задачи по выявлению в эксплуатируемом парке потенциально опасных локомотивов и оперативному приведению их технического состояния к требуемым параметрам при минимальных затратах.

Ключевое место при решении данной задачи отводится организации ремонта локомотивов на основе диагностической информации о зарождении дефектов на ранних стадиях.

Данные подходы являются компромиссным вариантом между планово-предупредительной системой ремонта и системой ремонта по фактическому состоянию узлов. При подобной системе сохраняется периодичность обслуживания узлов, для которых не выполняется диагностирование, а для остальных узлов ремонтные работы назначаются только в случае их действительной необходимости.

Для перехода на подобную систему ремонта прежде всего необходимо доработать существующее информационное пространство, внедрив в одну из существующих автоматизированных систем учета, модуль для непрерывного сбора и анализа диагностической информации в автоматическом режиме.

В результате реализации данной меры станет возможным добиться эффективного решения следующих задач:

- непрерывный контроль за состоянием локомотивов и упреждающая постановка его на ремонт в случае ухудшения состояния, с минимальными затратами;

- контроль своевременности и качества выполнения технического обслуживания и ремонта, а также эффективностью использования локомотивов;

- эффективное управление надежностью ТПС в целом, заключающееся в мотивированной разработке предложений по ее повышению:

- а) изменение стратегии ТОиР (комплексное применение следующих ресурсов: обязательные цикловые работы, агрегатный метод ремонта, ремонт по техническому состоянию);

- б) изменение конструкции сборочных единиц ТПС;

- в) совершенствование организации материально-технического обеспечения (разработка эффективного технологического оборудования, поставка качественных запасных частей, выпуск запасных частей);

- г) совершенствование технологических процессов ремонта;

- д) отработка эксплуатационной и ремонтной документации.

3 ЗНАЧИМОСТЬ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ И УЗЛОВ

Для контроля технического состояния (ТС) лимитирующих узлов ТПС разрабатываются технические средства диагностирования (ТСД) в соответствии с техническими требованиями (ТТ).

ТТ на ТСД включают в себя:

- тип системы диагностики (бортовая, стационарная, переносная);

- объекты диагностирования;

- базовый набор диагностических параметров;

- показатели достоверности диагноза;

- глубину поиска дефекта;

- технологичности применения ТСД в системе ремонта;

- другие требования и характеристики, наиболее важные для потребителя

ТСД.

На основе ТТ разрабатываются новые, модернизируются или используются без модернизации ранее созданные ТСД.

При разработке ТСД для лимитирующих узлов предварительно выбираются наиболее информативные диагностические параметры, и перечень их рекомендуется разработчикам ТСД. В процессе проектирования ТСД набор

параметров может быть скорректирован в технически обоснованных случаях.

Выбор диагностических параметров в общем случае должен базироваться на разработке диагностической модели объекта по результатам анализа его функционального, морфологического и информационного описаний. Диагностическая модель должна представлять собой иерархическую структуру функций элементов объекта и их группировок, взаимосвязей и значимости состояний элементов для работоспособности объекта. При этом учитываются определенные по статистическим или расчетным данным вероятности отказа каждого из элементов и оценки последствий отказов различного вида.

Практика выбора нормируемых диагностических параметров узлов локомотива показывает, что по результатам теоретических и экспериментальных исследований параметры и качественные признаки ТС, которые используются при диагностировании, должны быть систематизированы и утверждены в виде соответствующих отраслевых стандартов.

Допускаемые значения диагностических параметров ТС относятся к числу значений, находящихся в интервале, ограниченном с одной стороны - номинальным и с другой - предельным значениями. Предельное значение можно определить, как «значение параметра, установленное в НТД из условия обеспечения минимума затрат, связанных с эксплуатацией и техническим обслуживанием объекта», или из условия обеспечения заданной безотказности объекта.

Выбор нормативных диагностических параметров оборудования и последовательная корректировка их состава отражают реальное взаимодействие ТСД, совершенствование конструкции ТС, повышение точности измерения параметров ТС, развитие программного обеспечения, улучшение способов анализа накапливаемых статистических данных о безотказности объектов контроля и нормирования значений проверяемых показателей, использование экономических оценок действенности диагностирования и более информативных показателей ТС.

При анализе фактических данных диагностических параметров должен осуществляться их статистический анализ на предмет достоверности. При этом должны быть определены размеры выборки данных для проведения достоверного анализа.

4 ОБЪЕКТЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

При рассмотрении объема диагностируемого оборудования для решения задач производится ранжирование по величине эффекта, достигаемого при работе с каждым из узлов. Критерием такого ранжирования принимаются приведенные суммарные удельные затраты на перевозку грузов. Наибольшая

доля в текущих расходах по локомотивному хозяйству приходится на топливо, поэтому контроль оборудования локомотивов, определяющего его топливную (энергетическую) экономичность, является наиболее эффективным.

Существенная часть расходов приходится на производство ТОиР и КР. Наибольший эффект по сокращению таких расходов достигается при увеличении периодичности плановых осмотров и ремонтов, что может быть обеспечено диагностированием - прежде всего - узлов, лимитирующих эту периодичность. Несколько меньший эффект достигается при корректировке объема работ на ТОиР, КР), контроле качества выполнения ремонта узлов.

Критерий ранжирования контролируемых узлов и их параметров предполагает также оценку затрат, связанных с созданием (приобретением) и использованием СТД. При этом, наряду со стоимостью этих средств, существенное значение имеют затраты времени на диагностирование, возможность его выполнения параллельно (одновременно) плановыми работами, предусмотренными ППР.

Использование стационарных устройств позволяет контролировать большое число параметров с незначительным периодом опроса датчиков и обработки результатов на ЭВМ. При этом локомотив устанавливается на специальную позицию, и работы ППР в это время на нем не производятся. Минимизация длительности простоя локомотива при этом достигается реализацией требований к контролепригодности локомотива.

Применение переносных СТД позволяет выполнять диагностирование одновременно с производством плановых работ и поэтому предъявляет менее жесткие требования к контролепригодности.

Применение бортовых устройств позволяет непрерывно в процессе движения локомотива контролировать его диагностические параметры. Однако, требует большого хранилища данных, технологии передачи данных для их анализа и технологии анализа «Больших данных». Затраты времени на получение оперативной информации о техническом состоянии локомотива при этом минимальны.

Кроме того, вариант бортовых устройств отличается повышенной величиной капиталовложений в средства диагностики, поскольку ими оборудуется каждый локомотив.

5 ВЫБОР ОБЪЕКТОВ, СПОСОБОВ И СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ

Выбор объекта диагностирования зависит от следующих факторов:

- технические.

При данном факторе определяются: отказы составных частей (СЧ) ТПС, количество отказов, интенсивность отказов, а также причины их возникновения. Определяются СЧ ТПС, состояние которых лимитирует

увеличение периодичности каждого из видов технического обслуживания и текущего ремонта, а также среднего и капитального ремонта (ТОиР) ТПС.

- технико-экономические.

Данный фактор учитывает в себе потери, вызываемые из-за остановки поезда или его опоздания в пути следования из-за отказов ТПС, а также потери, вызываемые непроизводительным простоем локомотивов при выполнении технического обслуживания и ремонта с учетом неплановых ремонтов. Оцениваются состояния СЧ ТПС, влияющие на причины повышенного расхода топливо-энергетических ресурсов. Определяются СЧ ТПС, обслуживание и ремонт которых лимитирует время нахождения ТПС на непроизводительном простое при ТОиР ТПС.

В совокупности вышеуказанные факторы напрямую влияют на безопасность движения поездов.

На основании вышеизложенных факторов устанавливаются наиболее приоритетные для диагностирования СЧ ТПС на каждом ТОиР.

При рассмотрении и выборе технических средств диагностирования необходимо учитывать следующие факторы: назначение, стоимость, унифицированность, электромагнитная совместимость, влияние внешних климатических и механических факторов, наличие квалифицированного персонала, погрешность, требуемые затраты времени на диагностирование, а также требования к размещению этих средств в сервисных локомотивных депо и другие характеристики.

На основании результатов проведенного анализа определяются наиболее рациональные средства и методы диагностирования СЧ ТПС, которые позволяют определить основные направления для дальнейшего совершенствования ТПС как существующего, так и перспективного.

6 ОРГАНИЗАЦИЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

Диагностические мероприятия проводятся в течение всего жизненного цикла локомотива – в эксплуатации встроенными ТСД, при проведении ТОиР переносными и стационарными ТСД. Диагностические мероприятия в депо могут носить как непериодический, так и периодический характер. В первом случае диагностированию разовым порядком подвергаются локомотивы с ухудшенным состоянием или с повышенной повреждаемостью определенных узлов. По мере оздоровления данной части локомотивного парка депо необходимость такого вида диагностирования исчезает.

При периодическом диагностировании в депо регламентируются соответствующие технология и организация, в том числе:

- виды осмотров и ремонтов ППР, к которым приурочено диагностирование;

- перечень узлов (и их параметров), диагностируемых при осмотрах и ремонтах, с указанием периода времени проведения диагностирования в технологическом процессе ТОиР, КР, места, средств и методов диагностирования;

- положение о проведении на ТОиР и КР разборочно-сборочных восстановительных и регулировочных работ для диагностирования и по его результатам;

- порядок оплаты работ, связанных с диагностированием, и учета простоя локомотивов при диагностировании;

- порядок содержания диагностического оборудования и обеспечения требуемой квалификации диагностического персонала.

При внедрении диагностики целесообразна не только ее регламентация в технической документации на ППР, но и корректировка системы экономического стимулирования сокращения затрат депо на ТО, ТР и неплановые ремонты, снижения удельного расхода топлива на эксплуатационную работу.

7 СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Система диагностики ТПС (локомотивы и МВПС) должна обеспечивать постоянный мониторинг технического состояния (производить расчет оставшегося ресурса с последующим выводом предотказного состояния оборудования) и определять неисправности оборудования ТПС. Также система диагностики должна осуществлять контроль выполнения регламентных работ при проведении ТОиР.

Система диагностики ТПС должна формировать анализ технического состояния оборудования ТПС (в заданном диапазоне времени, на текущий момент, прогнозирование), который должен состоять из: возникшие неисправности, причины их возникновения и возможные способы устранения, рекомендации по их недопущению. Сформированный отчет должен быть доступен для осмотра как машинисту, так и ремонтному персоналу локомотивного депо.

При подключении диагностического оборудования (в условиях ремонтного локомотивного депо) должна быть реализована возможность проведения полной диагностики ТПС с отображением данных о выявленных неисправностях и рекомендаций по их устранению и недопущению.

ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ ДИАГНОСТИКИ ТПС

Система диагностики ТПС в общем случае должна соответствовать ниже приведенным требованиям.

В случае неисправности поддержание работы машиниста ТПС для проведения необходимых технических мероприятий по определению неисправности ТПС на основе сигналов и данных системы самодиагностики, и если возможно, указание фактического состояния для оборудования всего ТПС, обнаружение неисправностей в электрооборудовании.

Осуществление выработки рекомендаций для ремонтного персонала по устранению возникших неисправностей ТПС с определением наиболее технически и экономически обоснованных путей по их устранению.

Результаты самодиагностики должны отображаться отдельно на экране кабины управления для машиниста и персонала локомотивного депо.

Хранение неисправностей / диагностических событий с датой, временем и соответствующими различными экологическими и эксплуатационными данными диагностической системы (диагностика подсистемы, предупреждение возникновения неисправностей).

Все оборудование должно работать на общей временной базе, для этого между элементами систем должна быть реализована система синхронизации времени,

Сохраненные данные должны считываться через портативный компьютер через порт обслуживания, установленный в кабине управления транспортного средства,

Необходимо обеспечить возможность считывания актуальных и сохраненных диагностических данных ТПС были или через сеть GSM (LTE) посредством соединения Интернет, или они должны быть автоматически переданы через программируемые интервалы на электронный адрес, указанный Заказчиком, без удаления данных в запоминающем устройстве бортовой системы ТПС,

Данные о потреблении топлива или электроэнергии (в т.ч. и рекуперированная энергия) должны привязываться к номеру поезда, координате GPS/Глонасс и точном времени, а также должны регистрироваться в бортовой системе диагностики в архивированном виде.

На ТПС должна быть реализована единая система диагностики, позволяющая осуществлять диагностирование, как минимум следующих узлов:

- центральный контроллер управления ТПС;
- инвертор (тяговый преобразователь электроэнергии), вспомогательные преобразователи электрической энергии или дизельная силовая установка и ее системы (при наличии);
- электронное оборудование для контроля и защиты ТПС;
- тормозная система;
- система противоскольжения (противоюзовая и противобоксочная);
- входные двери и выдвижные ступеньки (для МВПС);

- блок туалета (для МВПС);
- кондиционер (для МВПС);
- оборудование для информации пассажиров (для МВПС);
- оборудование для измерения скорости;
- оборудование радиосвязи;
- пожарная сигнализация;
- система контроля температуры буксовых узлов;
- локомотивная система безопасности (например, системы КЛУБ - комплексное локомотивное устройство безопасности, европейская ETCS - European Train Control System, и т.д.);
- система внешнего и внутреннего видеонаблюдения (для МВПС).

Система диагностики должна обеспечивать возможность расширения перечня диагностируемых параметров и оборудования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Новый подход в построении системы технического обслуживания и ремонта предполагает изъятие локомотива из эксплуатируемого парка в зависимости от действительного фактического состояния его оборудования. Эта система является плановой, так как объемы ремонтов рассчитаны заранее, т. е. различные восстановительные операции сгруппированы таким образом, что суммарные затраты на восстановление и поддержание работоспособного состояния локомотива сведены к минимуму. Неотъемлемой частью такой системы ТОиР является техническое диагностирование, позволяющее не только оценить текущее состояние оборудования, но и прогнозировать тенденцию его изменения. Кроме того, эта система является предупредительной, т. к. основное ее назначение - не допустить потери работоспособности того оборудования, состояние которого можно оценить, изучая динамику изменения его контролируемых параметров, т.е. предупредить возникновение параметрических отказов. И, наконец, эта система является автоматизированной, т. к. в ней автоматически производится регулирование периодичности и объемов плановых ремонтов в зависимости от фактического технического состояния каждого конкретного локомотива, определяемого с помощью средств технического диагностирования, микропроцессорной техники, персонального компьютера и автоматизированных рабочих мест.

Основу системы анализа, прогнозирования и принятия решений при оценке технического состояния ТПС, разработка мероприятий, направленных на повышение надежности оборудования, составляет информация, характеризующая его состояние.

Информация может вноситься на носители ЭВМ либо автоматически с различных устройств в процессе решения конкретных задач, связанных с

оценкой технического состояния, испытания или эксплуатации оборудования, либо вручную с пульта ЭВМ из различных учетных форм, используемых в настоящее время в депо.

При наличии локальной сети в локомотивном депо может легко осуществиться процесс занесения, обмена, систематизации и сортировки баз данных с различной информацией, необходимой для решения поставленных задач. Так параметры, характеризующие техническое состояние узлов и агрегатов, полученные в различных пунктах диагностирования, должны считываться автоматически с помощью соответствующих специалистов этих пунктов. Так, например, данные о параметрах колесных пар заносятся техником по замерам с клавиатуры ЭВМ в случае получения этих параметров традиционным измерительным инструментом или "сбрасываются" на носители из приборов с памятью, адаптированных с ЭВМ для считывания полученной в процессе измерения информации.

Данные по фактам смены оборудования должны заноситься в базы в соответствующих цехах и отделениях. Информация паспортов локомотива также должна храниться на носителях ЭВМ, т. к. большая часть ее необходима для оценки и использования технического состояния оборудования.