

Практическое применение RAMS-исследований тормозных систем

С. Г. Чуев,

к.т.н., заслуженный конструктор России,
генеральный конструктор ОАО МТЗ ТРАНСМАШ

Н. М. Борисов,

руководитель группы RAMS-исследований
ОАО МТЗ ТРАНСМАШ

С. И. Тимков,

к.т.н., заместитель генерального конструктора
по технической безопасности и сертификации
ОАО МТЗ ТРАНСМАШ

Внедрение международного стандарта железнодорожной промышленности IRIS (ISO/TS 22163) на предприятиях отечественного машиностроения железнодорожного транспорта повлекло за собой изучение таких дисциплин, как управление безотказностью, готовностью, ремонтпригодностью и безопасностью продукции, включая управление стоимостью жизненного цикла изделий (RAMS/LCC), проектный менеджмент, управление конфигурацией и т. д. Значительная работа на предприятиях была проделана по внедрению RAMS/LCC: разработка нормативной базы, реорганизация деятельности, повышение квалификации сотрудников, включая участие в зарубежных семинарах и обмен опытом.

Актуальность вопроса формирования и подтверждения показателей RAMS

Международный стандарт железнодорожной промышленности IRIS (интегрированный в область ISO) [1], а именно раздел 7.11 «Безотказность, готовность, ремонтпригодность и безопасность/стоимость жизненного цикла (RAMS/LCC)» [2], устанавливает для железнодорожных предприятий определенные требования, охватывающие аспекты деятельности по RAMS, включая:

- расчеты и документальное оформление;
- сбор данных, анализ и план работ по улучшению;

— внедрение поставленных задач в соответствии с планом работ.

Основными целями ОАО МТЗ ТРАНСМАШ как производителя тормозных систем, гарантирующих безопасность участников железнодорожного движения в части комплекса задач RAMS, являются:

— обнаружение конструктивных и технологических недостатков изделия, снижающих его надежность, а также слабых сторон в организации технического обслуживания, ремонта и эксплуатации;

— совершенствование конструкции изделий, технологии их изготовления, правил и норм технического обслуживания, ремонта и эксплуатации;

— проверка соответствия достигнутого уровня надежности изделия установленным требованиям (верификация показателей RAMS);

— уточнение критериев отказов и предельных состояний изделий;

— выполнение корректирующих и предупреждающих действий в случае возникновения несоответствий на уровне, обеспечивающем безусловное устранение вызывающих их причин, и исключение их повторного появления;

— оценка эффективности мероприятий по повышению надежности.

Решение вышеуказанных задач позволяет достичь ключевой цели – повышения качества, надежности и потребительских свойств выпускаемой продукции. Каждый ряд исследований необходим сейчас и бесконечен в будущем. Однако есть работы, на которых стоит обратить отдельное внимание.

Ассоциацией производителей и потребителей тормозного оборудования «АСТО» при поддержке НП «ОПЖТ» разработан документ «Положение о мониторинге качества обслуживания, ремонта и эксплуатации тормозного оборудования подвижного состава железных дорог». Его создание преследовало цели повышения надежности работы тормозных систем и безопасности на железнодорожном транспорте, так как именно надежность изделий, прошедших плановые виды ремонта, находится в неудовлетворительном состоянии.

Важным остается получение производителем объективных данных об эксплуатации изделий, что является неотъемлемым условием выполнения требований стандарта IRIS (ISO/TS 22163) по управлению и подтверждению показателей RAMS и LCC.

Организация работ по сбору, анализу и подтверждению показателей RAMS/LCC

Достижение основных целей строится на реализации характерных задач:

1. Обеспечение производителя железнодорожной техники, в том числе комплектаторов, полной, достоверной, непрерывной и своевременной информацией по отказам выпускаемой продукции.

2. Учет, обработка, классификация полученной информации. Последующий анализ по предметным областям с использованием статистических методов.

3. Разработка и реализация технических (конструкторских, технологических) и организационных мероприятий межфункциональной командой. На площадке предприятия – отдел надежности (ОН), отдел технического контроля (ОТК), специальное конструкторское бюро тормозостроения (СКБТ), отдел главного технолога (ОГТ), производственные цеха или в рамках постоянно действующей комиссии по качеству выпускаемой продукции, в том числе при необходимости с привлечением поставщиков комплектующего оборудования и экспертных организаций.

4. Анализ обработанной эксплуатационной информации об эффективности внедряемых мероприятий по повышению качества, надежности и безопасности изделий тормозного оборудования.

Анализируя подходы для реализации поставленных функциональных задач по управлению качеством, надежностью и безопасностью изделий тормозного оборудования, приходим к заключению, что данная деятельность должна основываться на следующих принципиальных этапах [4]:

- планирование наблюдений;
- выполнение наблюдений, мониторинг;
- сбор эксплуатационных данных о надежности изделий;
- учет и документирование эксплуатационных данных;
- обработка массива информации;
- анализ массива информации;
- расчет показателей надежности и безопасности;
- верификация показателей надежности;
- разработка корректирующих и предупреждающих мероприятий;
- оценка эффективности реализации корректирующих и предупреждающих мероприятий.

Планирование периодичности наблюдений отталкивается от решаемой задачи и исключает потери информации с допустимой вероятностью. В целях единого подхода к разработке программ наблюдений следует определить основные требования к их содержанию. Рекомендуется для отражения в программах наблюдения следующая информация:

- цели и задачи сбора информации;
- перечень наблюдаемых изделий;
- число изделий;
- продолжительность наблюдений;
- номенклатура показателей, по которым собирается информация;
- периодичность обследований;
- сроки проведения работ;
- количество и территориальное расположение мест сбора информации;
- требования к методам сбора и обработки информации;
- периодичность и формы отчетности;
- перечень предприятий и организаций, от которых поступает информация и в которые следует направлять собранные и обработанные данные.

Следующим с точки зрения хронологии является этап непосредственного выполнения мониторинга, с помощью которого предусматривается проведение постоянных, периодических и разовых наблюдений за тормозным оборудованием в эксплуатации.

Задачи RAMS в информационном поле

В текущих реалиях активное привлечение информационных систем по сбору, учету и анализу эксплуатационной информации для решения задач повышения качества и надежности всех систем железнодорожного подвижного состава является одной из приоритетных целей. Принципы автоматизации сбора и учета данных, исключающих человеческий фактор, вкупе с объективным анализом и представлением данных по RAMS позволяют рассматривать данный подход как наиболее предпочтительный и экономически обоснованный.

Интеграция в информационно-аналитическое поле и совершенствование действующих информационных систем представляется полностью оправданным шагом. Специалистами предприятия на постоянной основе ведется мониторинг данных, поступающих из комплексной автоматизированной системы учета, контроля устранения отказов технических средств и анализа их надежности КАСАНТ и автоматизированной системы управления безопасностью движения АС РБ.

С позиции производителей продукции для железнодорожного транспорта дополнительно могут представлять интерес следующие информационные автоматизированные системы:

- учета нарушения безопасности движения, АСУ НБД;
- подсистема учета замечаний машинистов, АСУТ НБД ЗМ;
- управления тяговыми ресурсами ОАО «РЖД», АСУ-Т;

- управления вагонным комплексом ОАО «РЖД», АСУ-В;
- управления специальным самоходным подвижным составом, АСУ ССПС.

Управление качеством и надежностью функционирования тормозного оборудования, как и повышением безопасности перевозочного процесса в целом, на данном этапе развития требует перевода в цифровую плоскость с элементами автоматизации.

В целях учета и документирования эксплуатационных данных надлежит установить требования к составу регистрируемой информации, а также уместно регламентировать требования к их формам. Для обеспечения единства исходных данных первичная информация об отказе в общем случае должна содержать следующие минимальные данные:

- дата возникновения отказа или неисправности;
- общая наработка объекта с начала его эксплуатации и до момента установления отказа (выявления неисправности);
- внешние признаки и характер появления отказа или неисправности;
- условия эксплуатации и вид работы, при которых был обнаружен отказ или установлена неисправность;
- способ устранения отказа и неисправности;
- принятые или рекомендованные меры по предупреждению возникновения отказов или неисправностей.

Успешно внедрена и используется на предприятии форма регистрации работоспособности тормозного оборудования (рис. 1), регламентирована инструкцией № 11-05 «Сбор и обработка информации о надежности изделий в эксплуатации».

Для формирования на предприятии эффективного информационного поля в сфере обеспечения качества, надежности и безопасности выпускаемого оборудования выделим следующие источники первичной информации:

1. Результаты расследования случаев отказов в соответствии с требованиями СТО РЖД 1.05.007 «Рекламационная работа. Общий порядок проведения», который устанавливает процедуру вызова и приема представителя поставщика и исполнителя работ, правила составления и учета рекламационных документов (рекламационный акт, акт исследования, акт о восстановлении технического средства) и их типовые формы, а также порядок восстановления или замены дефектных товаров, порядок исследования причин возникновения дефектов в целях обоснования выставяемой претензии по качеству и комплектности товара.
2. Сведения о плановом техническом обслуживании и плановых ремонтах.
3. Сведения о наработках с начала эксплуатации и после проведения плановых ремонтов.
4. Паспортные данные на изделия, установленные на подвижном составе.

5. Соответствие эксплуатационным условиям и номинальным режимам.

УЧЕТ СВЕДЕНИЙ О НАДЕЖНОСТИ ЛОКОМОТИВНЫХ ПРИБОРОВ ТОРМОЗНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПРИ ПНР

Вина ОАО МТЗ ТРАНСМАШ							Вина сторонней организации							Рекламация не подтвердилась									
№ п/п	Дата сообщения о рекламации	Ответственное подразделение за работу с уведомлением	№ уведомления	Место выявления отказа	Серия локомотива	Завод. № локомотива	Наименование изделия (узла, детали)	Обозначение изделия (чертежный номер)	Завод. № изделия	Дата изготовления	Наработка до отказа (тыс.км / часы)	Краткое описание по уведомлению	№ ответа на рекламацию	Дата ответа	Время простоя локомотива	Категория дефекта (производственный, эксплуатационный)	Сканированные файлы (PDF)	Вызовник	Установленный дефект	Корректирующие и предупреждающие действия			
																				Ответственное подразделение	Сканированный документ (PDF)	Краткое описание выполненных К и ПД	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24

Рис. 1. Пример формы учета сведений о надежности тормозного оборудования локомотивов

Формируя требования к современной информационной системе, необходимо обеспечить ряд значимых функций:

- Идентификация неисправного оборудования, видов и причин отказов. Отслеживание динамики изменения их количества – не только в абсолютных величинах, но и в приведенных к единице подвижного состава или к соответствующей наработке (километры пробега или часы работы).

- Эффективная система коммуникаций между проектно-конструкторскими службами, производственными подразделениями и организациями, а также эксплуатирующими и ремонтными предприятиями в целях оперативного решения задач по повышению уровня качества, надежности и безопасности продукции железнодорожного транспорта. При необходимости рекомендуется привлекать в систему обмена данными и выработки решений научные и экспертные организации.

- Расчет, формирование и подтверждение количественных показателей RAMS в соответствии с установленной номенклатурой, включая проверку соответствия достигнутого уровня надежности установленным требованиям.

- Всестороннее и объективное исследование причин возникновения отказов и процессов развития нарушения работоспособного состояния подвижного состава, включая отклонения от номинальных значений, внешние проявления, причины и последствия отказов.

— Корректная оценка ресурса выпускаемого оборудования при действующих режимах эксплуатации. Особенно актуально для изделий с циклическим типом нагружения, которым является тормозное оборудование.

— Межфункциональный анализ эффективности внедрения мероприятий по устранению или снижению уровня отказов, неисправностей определенных изделий, включая мероприятия по исключению повторного проявления подобных отказов.

На настоящий момент источниками данных для разработчика являются письменные извещения, телеграммы и рекламации по фактам отказов технических средств. На их основе проводится анализ полноты и достоверности полученной информации, при необходимости она уточняется и детализируется. В рамках принятых решений осуществляется выезд квалифицированных специалистов или возврат изделия для его дальнейшего исследования на предприятии.

Сбор и учет эксплуатационных данных непосредственно сопровождается обработкой полученного массива информации, что обусловлено такими первоочередными задачами, как обобщение и структурирование, а также контроль ее достоверности и полноты.

Структура работ по обработке информации включает:

- классификацию и кодирование исходных данных;
- контроль полноты, достоверности и однородности информации;
- внесение уточнений в исходные данные (при необходимости);
- перевод содержания исходных данных в информационное поле предприятия;
- оценку показателей надежности;
- классификацию причин отказов и предельных состояний по видам, связанным с изготовлением, ремонтом и эксплуатацией, их анализ;
- подготовку исходных данных для разработки мероприятий, направленных на выявление недостатков и повышение надежности изделий в эксплуатации.

В процессе анализа причин отказов и предельных состояний тормозного оборудования выполняется систематизация обработанной информации по ключевым признакам (условиям эксплуатации, наработке и т. п.). В итоге получаем возможность дать объективную оценку эффективности конструкторско-технологических и (или) организационных мероприятий, выявить случаи нарушения требований эксплуатационной документации и разработать план рекомендаций по устранению выявленных недостатков.

Руководствуясь результатами анализа эксплуатационной информации, производится расчет показателей надежности и безопасности тормозных приборов – верификация их показателей надежности, нормированных в соответствующих технических условиях. Решение

поставленных задач отталкивается от положений РД 50-690-89 «Методические указания. Надежность в технике. Методы оценки показателей надежности по экспериментальным данным» [5].

В области анализа и расчета надежности технических средств имеются несовершенства. В целях их устранения необходимо разработать единые положения по расчету и подтверждению показателей RAMS, так как требования ГОСТ 27.301-95 «Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения» не раскрывает такой вопрос [6]. Разработанные положения приведут процесс расчета и формы представления результатов к унифицированному виду, обеспечат возможность их воспроизведения и проверки. В частности, данные меры исключают предмет разногласий при сверке показателей RAMS между заинтересованными сторонами по причинам отличных методик их оценки.

В качестве практики принято на обязательной основе выполнение оценки эффективности реализации корректирующих и предупреждающих мероприятий. При получении отрицательных оценок эффективности внедренных мероприятий процедура управления отказами запускается повторно до получения положительного эффекта.

Итак, в результате внедрения инструментов RAMS-исследований на предприятии сформировался системный подход по управлению качеством, надежностью и безопасностью выпускаемых изделий. Были выявлены ключевые факторы, негативно влияющие на работоспособность тормозного оборудования на этапах эксплуатации и послепродажного обслуживания. Данное знание позволило сконцентрировать усилия специалистов на проблемных точках и дало возможность перевести такие факторы в управляемую плоскость.

Позитивным эффектом внедрения системного подхода управления жизненным циклом изделия за стенами предприятия в количественной оценке могут служить такие критерии, как тренд к сокращению отказов в локомотивном комплексе, возможность увеличения гарантийных сроков и межремонтных интервалов на вновь разрабатываемые изделия тормозного оборудования.

Объективным свидетельством результатов внедрения процессов управления RAMS могут являться данные комплексной автоматизированной системы учета, контроля устранения отказов технических средств и анализа их надежности КАСАНТ.

Рассмотрим на примере тормозного оборудования, установленного на грузовом подвижном составе железных дорог. На рисунке 2 очевидна положительная динамика изменения количества отнесенных отказов в автоматизированной системе КАСАНТ.

Аналогичная положительная тенденция наблюдается и в локомотивном комплексе. По результатам верификации за прошедшие отчетные периоды было выявлено достижение целевых

показателей надежности (параметр потока отказов), нормированных в технических условиях, по всему комплексу тормозного оборудования, установленного на грузовых 2-секционных электровозах постоянного тока 2ЭС6 и грузовых магистральных двухсекционных тепловозах 2ТЭ25КМ и 2ТЭ25А «Витязь». В частности, согласно распределению отказов автотормозного оборудования на гарантийных тепловозах 2ТЭ25А за 12 месяцев 2016-2017 годов снижение количества отказов достигло 44%.



Рис. 2. Динамика изменения количества отнесенных отказов в КАСАНТ

Концепция информационных потоков о качестве, надежности и безопасности тормозного оборудования

Структура и порядок формирования информационных потоков основаны на принципах циклического управления (рис. 3).

Архитектура сбора информации о качестве, надежности и безопасности тормозного оборудования производства ОАО МТЗ ТРАНСМАШ

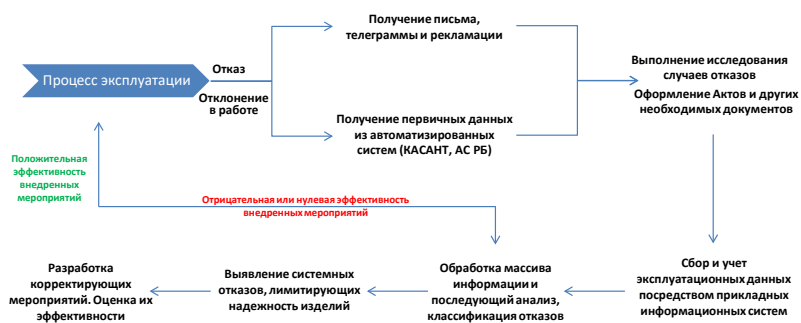


Рис. 3. Архитектура сбора информации

В ходе процесса как гарантийной, так и постгарантийной эксплуатации выполняется точечное наблюдение за работоспособностью тормозных приборов посредством поступления

рекламаций, телеграмм и уведомлений, а также данных из информационных автоматизированных систем, таких как КАСАНТ и АС РБ. Выполнение исследований причин отказов высококвалифицированными сотрудниками позволяет получить объективную информацию о причинах, инициировавших неблагоприятные события в виде отказа. Эффективность использования данных обеспечивается формированием единого информационного пространства на предприятии с доступом и зонами ответственности соответствующих служб.

Распределение информационных потоков строится в зависимости от этапа жизненного цикла изделия (рис. 4).

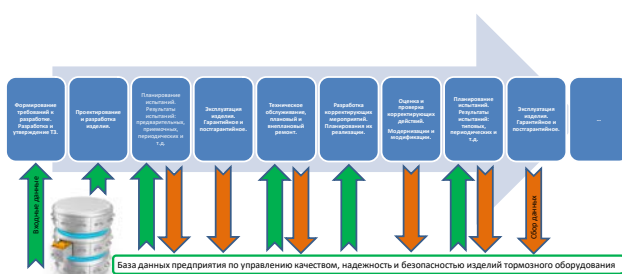


Рис. 4. Данные RAMS на этапах жизненного цикла

При зарождении концепции и на этапе предпроектной проработки технических решений используется определенная составляющая массива информации о надежности и безопасности подобных функциональных систем. Выполняется разработка и утверждение технического задания с указанием целевых значений технических характеристик проектируемого объекта. В ходе проектирования и разработки в том числе применимы апробированные конструкционные решения, показавшие себя с положительной стороны на эксплуатируемом подвижном составе.

Необходимая информация в части условий эксплуатации и режимов нагружения заимствуется из единой базы информации для корректного и эффективного планирования контрольных испытаний на заводском стендовом оборудовании. Установление плана испытаний, строящегося на обосновании требований эксплуатации, особенно необходимо для изделий с циклической формой нагружения. Верификация показателей надежности и безопасности на этапах аттестации опытно-конструкторских работ в условиях, приближенных к эксплуатационным, позволяет минимизировать затраты как материальных, так и трудовых ресурсов на поздних этапах.

Формализованные записи результатов испытаний различного характера (предварительные, приемочные, периодические и другие) фиксируются в рамках единой базы, обрабатываются и анализируются. Сопоставление данных, полученных в рамках стендовых испытаний, в дальнейшем производится с фактическими эксплуатационными показателями. При необходимости на основе сравнительного анализа методики испытаний могут подвергаться обоснованной корректировке.

Гарантийный и постгарантийный этапы эксплуатации дают возможность получить полное и объективное представление о достигнутых показателях качества, надежности и безопасности выпускаемой продукции. Но дополнительно необходимо учитывать факторы качества и своевременности технического обслуживания, воздействие на функционирование изделия плановых и внеплановых ремонтов подвижного состава и, безусловно, соблюдение установленных условий эксплуатации. Эффективность коммуникаций предприятия-разработчика с эксплуатирующими и ремонтными организациями является главным фактором совершенствования системы планово-предупредительного обслуживания и ремонтов. О степени воздействия настоящих факторов на работоспособность объектов железнодорожного транспорта можно говорить на основе имеющихся статистических данных.

С помощью принятой системы управления базами данных и установленных процедур регистрируются важные данные, связанные с каждым сбоем, и инициируется процесс их обработки. Коллегиально выполняется определение необходимых корректирующих действий, в том числе отслеживание процесса разработки, реализации и результатов плана корректирующих действий, направленного на снижение вероятности или полное исключение повторения отказа. В обратную сторону формируется поток информации об оценке и контроле предпринятых корректирующих мероприятий.

Внесение изменений в базовую конфигурацию изделий преследуется обязательными действиями по планированию испытаний – в данном случае типовых, а также их проведением с фиксацией и анализом полученных результатов, на основе которых принимается решение о внедрении. В дальнейшем процесс управления качеством, надежностью и безопасностью повторяет описанные процессы с частотой случайного характера вплоть до снятия данной продукции с производства и ее утилизации. Сформированная база данных по такому изделию в последующем будет использована как входная информация для перспективных проектов.

Описанный комплексный подход позволит двигаться по направлению к цифровому управлению, так как именно качество и надежность проектируемых и выпускаемых сложных технических систем для железнодорожного транспорта, отвечающих за безопасность железнодорожного движения, является наиважнейшей целью всех участников жизненного цикла.

Список использованной литературы:

1. Сеньковский О.А. Интеграция стандарта IRIS в систему Международной организации по стандартизации ISO / О.А. Сеньковский // Техника железных дорог. – 2017. – № 1 (37). – С. 15–17.
2. Международный стандарт железнодорожной промышленности IRIS (ISO/TS 22163).
3. Положение о мониторинге качества обслуживания, ремонта и эксплуатации тормозного оборудования подвижного состава железных дорог.
4. РД 50-204-87 «Методические указания. Надежность в технике. Сбор и обработка информации о надежности изделий в эксплуатации. Основные положения».
5. РД 50-690-89 «Методические указания. Надежность в технике. Методы оценки показателей надежности по экспериментальным данным».
6. ГОСТ 27.301-95 «Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения».