

№ 1

2013

# ЛОКОМОТИВ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ ЖУРНАЛ

РЖД

Приоритеты инновационного  
развития ОАО «РЖД»

Электровозы 2ЭС10:  
преимущества очевидны!

Познательная статистика  
железнодорожных перевозок

Преобразователь собственных  
мощностей на электровозе ЭПК

Методика обучения  
машинистов  
на тренажере

Знакомьтесь: электровоз 2ЭС5

Инструменты бережливого производства в депо

Гидропередача: есть ли будущее?

Монтажные схемы  
электровозов ВЛ11М

Обслуживаемые  
аккумуляторы для тепловозов



## ЭЛЕКТРОВАЗ 2ЭС5 — ЛОКОМОТИВ 5-го ПОКОЛЕНИЯ

(см. с. 38 — 42)

ISSN 0869-8147  
770869 814001 >



# ИНСТРУМЕНТЫ IRIS ДЛЯ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ

Проектируя новую тормозную систему для подвижного состава, специалисты МТЗ ТРАНСМАШ рассчитывают её показатели безотказности, готовности, ремонтпригодности, безопасности (RAMS) и стоимости жизненного цикла (LCC)

Сегодня одним из важных критериев повышения безопасности движения на железнодорожном транспорте является повышение качества эксплуатируемой техники, изготавливаемой отечественными предприятиями. Не секрет, что значительное количество нарушений безопасности приходится на долю некачественной продукции, поэтому с 2015 г. ОАО «РЖД» переходит, в основном, на приобретение изделий для железнодорожного транспорта, имеющих сертификат качества, соответствующий международным стандартам.

Старший вице-президент ОАО «РЖД», президент Некоммерческого партнерства «Объединение производителей железнодорожной техники» В.А. Гапанович поставил перед предприятиями железнодорожного машиностроения задачу – используя инновационные, прорывные технологии, выйти на новый уровень качества изготовления подвижного состава, не уступающего мировому уровню.

«Принципиальная позиция ОАО «РЖД» – локализация отечественными предприятиями технологий и производств, которые сегодня приобретаются на Западе, – и по созданию высо-

коскоростного и другого современного подвижного состава, и по целому ряду комплектующих, – заявил недавно В.А. Гапанович. – Это даст возможность в самое ближайшее время получить конкурентоспособный подвижной состав с улучшенными характеристиками по энергопотреблению, экологичности, межремонтной эксплуатации и другим показателям.

В то же время, требуется и задел для создания совершенно новых образцов железнодорожной техники, которая не имеет аналогов в мировой практике. Естественно, решение такой масштабной задачи невозможно без внедрения наиболее прогрессивных международных стандартов и, в первую очередь, стандарта IRIS», – уверен В.А. Гапанович.

Этой публикацией специалисты ОАО МТЗ ТРАНСМАШ открывают серию статей, в которых рассказывают о внедрении стандарта IRIS, в частности, использованию его подсистемы RAMS/LCC («Безотказность, готовность, ремонтпригодность, безопасность/стоимость жизненного цикла») и проектного менеджмента в разработках тормозных систем подвижного состава.

Открытое акционерное общество МТЗ ТРАНСМАШ – предприятие, занимающее ведущее положение в разработке и производстве высокоэффективных и инновационных тормозных систем, обеспечивающих безопасность движения на транспорте. Особую роль предприятие отводит качеству выпускаемой продукции. В последние годы здесь провели подготовительные работы, а в 2011 г. успешно осуществили аудит и получили сертификат международного стандарта железнодорожной промышленности IRIS.

Для внедрения международного стандарта на предприятии подвергли реорганизации подразделения, выполняющие ключевую роль в жизненном цикле продукта (от «идеи» до «утилизации»). В частности, в специальном конструкторском бюро (СКБТ) организовали группу проектного менеджмента, мониторинга и расчета RAMS/LCC, анализа тормозных систем мирового рынка. Ведь показатель качества продукта, соответствующий стандарту IRIS, закладывается в начальной стадии разработки, а для этого необходимо выполнить процессы тщательного планирования (менеджмент проекта), проектирования, анализа и прогнозирования системы на надежность (RAMS).

В публикуемой статье больше внимания уделяется общим вопросам RAMS/LCC, ориентированным на потребителей, так как они заинтересованы в продукции с продолжительным сроком службы, высоким уровнем безопасности, новыми функциональными возможностями, гарантированной рентабельностью и удобством технического обслуживания. Для оценки системы,

наряду с функциональными возможностями и капиталовложениями, учитываются такие важные критерии как надежность, готовность, ремонтпригодность и безопасность тормозных систем, а также издержки эксплуатации, долговечность, сохранение функциональности.

Система должна гарантировать высокий уровень готовности, безопасности во всех функциональных и ремонтных состояниях (эффективное распознавание неисправностей, простое и быстрое ожидаемое исполнение технического обслуживания). Непременное требование — в качестве составной части стоимости жизненного цикла (LCC), по возможности, низкие затраты на техническое обслуживание.

В специальном конструкторском бюро ОАО МТЗ ТРАНСМАШ сегодня применяется одна из перспективных в мировой практике методик анализа и расчета надежности, для практической реализации которой приобретено дорогостоящее программное обеспечение. Программный продукт «Ram commander» позволяет быстро и системно решать вопросы RAMS, выполнять весь необходимый спектр исследований и отчетов по надежности, строить «деревья» отказов и многое другое.

Приведенные возможности в полном объеме соответствуют стандарту IRIS и требованиям ведущих европейских и мировых компаний в области железнодорожного транспорта. Заказчикам и потребителям уже на этапе разработки могут быть предоставлены отчеты по надежности и безопасности (отчет «RAMS/LCC»), позволяющие спрогнозировать ресурс узлов тормозных систем, гарантирующий продолжительный срок службы и более низкие показатели стоимости жизненного цикла, что, несомненно, приоритетно в условиях конкуренции.

Итак, для более детального понимания анализа надежности и безопасности в разрабатываемых специалистами СКБТ ОАО МТЗ ТРАНСМАШ тормозных системах рассмотрим некоторые положения и определения из европейских и отечественных стандартов, относящихся к RAMS/LCC.

**Уровень отказов по времени.** Если поведение при сбоях и изнашиваемость компонентов, в основном, зависит от времени, то представлять надежность как уровень отказов по времени или среднего времени эксплуатации между двумя отказами (MTBF, «Mean operating Time Between Failures») является обязательным. Значение MTBF и уровень отказов по времени  $\lambda$ t рассчитываются приблизительно из соотношения количества одинаковых объектов (n) и суммы возникающих отказов (x) в отношении к периоду наблюдения (t). Уровень отказов по времени нормируется обычно в единицах FIT («Failures in Time») на  $10^9$  или  $10^6$  ч.

**Классификация отказов.** Они распределяются по категориям режимов отказов системы в отношении их воздействия на функционирование системы или при необходимости — на безопасность эксплуатации поезда. Изменение категорий отказов поезда осуществляется заказчиком.



Группа специалистов конструкторского бюро ОАО МТЗ ТРАНСМАШ, осуществляющая проектный менеджмент, мониторинг и расчет безотказности, готовности, ремонтпригодности и безопасности (RAMS)

Категория 1 – общий отказ системы. Отказ категории 1 существует, если воздействие отказа или функционального сбоя компонента или системы остается ограниченным не только функционированием системы и не может быть ограничено или устранено имеющимися в распоряжении на борту средствами, так что элементарные функции поезда могут выходить из строя или немедленно деактивироваться по причинам безопасности.

Категория 2 – полная потеря функций системы. Отказ категории 2 существует, если соответствующий компонент или система из-за отказа или функционального сбоя терпит полный отказ функционирования, который, однако, не представляет собой никакого риска в отношении безопасности.

Категория 3 – ограничение функционирования системы. Отказ категории 3 существует, если соответствующий компонент или система из-за отказа ограничены в своих функциях. Возможно ограниченное функционирование, например, со сниженной мощностью.

Категория 4 – отказ системы без ограничения функциональности. К категории отказов 4 относятся события, которые возникают при эксплуатации, однако определяются и устраняются только после завершения эксплуатации. Они не имеют влияния на процесс эксплуатации.

**Цели надежности.** Целевые значения параметров надежности системы определяются в специфических для проекта и системы документах и подтверждаются их соблюдением. Если не существует никаких целевых значений заказчика или потребителя, то указываются и верифицируются целевые значения. Специалисты ОАО МТЗ ТРАНСМАШ проводят верификацию (верификация – проверка, проверяемость, способ подтверждения, проверка с помощью доказательств каких-либо теоретических положений, алгоритмов, программ и процедур путем их сопоставления с опытными – эталонными или эмпирическими данными, алгоритмами и программами) показателей надежности.

Источником информации служат данные, отражающие показатели работы или испытаний надежности существующих объектов в условиях эксплуатации, которые сравнимы с реальными. Если разработка новая, то первичной информацией являются расчеты. Далее отмеченные данные или расчеты обрабатываются с помощью программного обеспечения «Ram commander».

Если уровень отказов системы при верификации или валидации (валидация – подтверждение путем экспертизы и представления объективного доказательства того, что особые требования, предназначенные для конкретного применения, соблюдены) превышает целевой уровень отказов, совместно с заказчиком анализируются причины отказов и согласовываются мероприятия по достижению необходимого уровня параметров надежности. Принимаются меры, согласованные с заказчиком, предупреждающие преждевременные отказы.

**Безотказность («Reliability»).** Под этим термином понимается свойство изделия сохранять работоспособность в течение определенного времени в заданных условиях эксплуатации. Безотказность в той или иной степени свойственна объекту в любом из возможных режимов его существования. В основном, безотказность рассматривается применительно к его использованию по назначению, но во многих случаях необходима оценка безотказности при хранении и транспортировании объекта.

Необходимо отметить, что для каждого изделия существуют показатели безотказности: вероятность безотказной работы, гамма-процентная или средняя наработка до отказа, средняя наработка на отказ, параметр потока отказов, усредненный параметр потока отказов. Данные показатели вводятся либо по отношению ко всем возможным отказам объекта, либо по отношению к какому-либо одному типу (типам) отказа с указанием на критерий отказа (отказов).

**Готовность («Availability») и снабжение запчастями.** Специалисты ОАО МТЗ ТРАНСМАШ оказывают содействие заказчику во время этапа разработки, проведения испытаний и гарантийного срока эксплуатации тормозной системы при оптимизации степени готовности подвижного состава. Последнее зависит, в частности, от надежности, ремонтпригодности и готовности тормозного оборудования, а также от используемого инструментария.

**Ремонтпригодность («Maintainability»)** – свойство изделия, заключающееся в его приспособленности к предупреждению, обнаружению и устранению неплановых отказов или неисправностей путем проведения технического обслуживания или ремонта. Тормозная система должна соблюдать требования к ремонтпригодности, указанные в специфических для проекта и системы документах, например, максимальное время замены.

Одна из важнейших задач разработчика – ОАО МТЗ ТРАНСМАШ – обеспечить лучшую ремонтпригодность системы, а также при проектировании и конструировании системы соблюдать ее техническую рациональность и соответствие определенным или заданным критериям.

**Безопасность («Safety»).** Для выполнения требований в отношении ответственности за продукцию, а также при необходимости требований по допуску заказчик должен самостоятельно проводить процесс доказатель-

ства безопасности согласно стандарту IRIS. Исполнитель обязан оказывать поддержку заказчику при осуществлении процесса доказательств безопасности в отношении системы по всем затронутым аспектам. Как раз отчеты по RAMS разработчиков СКБТ ОАО МТЗ ТРАНСМАШ и являются той «лакумовой бумагой».

В дальнейшем для ОАО МТЗ ТРАНСМАШ, согласно стандарту IRIS, при разработке имеют силу следующие требования:

- ✦ система должна обеспечивать надежность при техобслуживании, вводе в эксплуатацию и при ее осуществлении. Угрозы персоналу и окружающей среде или другим деталям оборудования ОАО МТЗ ТРАНСМАШ исключает или уменьшает соответствующие воздействия на состояние техники и известные правила;

- ✦ по согласованию с заказчиком ОАО МТЗ ТРАНСМАШ идентифицирует отмеченные угрозы. Основой служат положения EN 50126 (Железные дороги. Требования и подтверждение надежности, пригодности к эксплуатации, ремонтпригодности и безопасности). Соблюдение данного норматива является кокаут-вопросом стандарта IRIS. Для идентифицированных угроз ОАО МТЗ ТРАНСМАШ документирует, что возникновение угрозы исключено и достаточно маловероятно. Если для исключения или уменьшения угрозы ОАО МТЗ ТРАНСМАШ нуждается в оборудовании или условиях вне границ системы, то согласовывается это с заказчиком письменным разрешением;

- ✦ ОАО МТЗ ТРАНСМАШ по согласованию с заказчиком проводит анализ возможных неисправностей и воздействия (FMECA) для вновь разрабатываемых и критических систем, особенно таких как пневмомеханическое тормозное оборудование с электронной системой управления и диагностирования;

- ✦ ОАО МТЗ ТРАНСМАШ оказывает поддержку заказчику при разработке анализа «деревьев» неисправностей (FTA) и предоставляет исходные данные для базовых событий (прогнозируемые вероятности, MTBF, уровни отказов, длительность отказов и угрозы).

Все приведенные требования разрабатываются и прилагаются в полном объеме в едином отчете RAMS/LCC при выполнении конкретного проекта.

Итак, в СКБТ ОАО МТЗ ТРАНСМАШ надежность на этапе проектирования является новой дисциплиной и относится к процессу разработки качественных изделий. Этот процесс включает в себя несколько инструментов и практических рекомендаций, которыми конструкторы ОАО МТЗ ТРАНСМАШ владеют, чтобы повысить надежность и ремонтпригодность разрабатываемого продукта. В результате достигаются высокие показатели его готовности, снижаются затраты на обслуживание, увеличиваются сроки службы.

Как правило, первым шагом в работе является нормирование показателей надежности, которая проектируется в системе. Назначаются требования к надежности верхнего уровня, затем они разделяются на определенные подсистемы разработчиками, конструкторами и инженерами по надежности, работающими вместе. Проектирование надежности начинается с разработки модели. При этом используют структурные схемы надежности или «деревья» неисправностей, при помощи которых представляется взаимоотношение между различными частями (компонентами) системы.

**В** следующих публикациях рассмотрим практическое применение подсистемы RAMS/LCC стандарта IRIS в инновационных разработках ОАО МТЗ ТРАНСМАШ (например, в проектах «Кран машиниста с дистанционным управлением 230Д», который, может применяться на любых типах локомотивах, или «Модуль тормозного оборудования Е.310», предназначенный для нового грузового локомотива 2ЭС5):

- ✦ построение «деревя» изделия (возможность проработки до мельчайшего компонента) по проекту;

- ✦ создание и анализ отчетов по надежности «деревя» изделия, например, диаграммы «деревя»;

- ✦ отчеты по Парето, температурной кривой и безотказности;

- ✦ анализ видов отказов и критичности последствий (FMEA/FMECA);

- ✦ анализ «деревя» отказов (FTA) – «Minimal Cut Sets» (отчеты по анализу минимальных сечений), «Events for tree» (отчет по элементам «деревя» отказов);

- ✦ анализ блок-схемы надежности (RDB) – «Reliability Block Diagram» (блок-схема надежности);

- ✦ анализ стоимости жизненного цикла (LCC).

В заключение еще раз следует особо отметить постулат, которому строго придерживается в своей работе ОАО МТЗ ТРАНСМАШ: надежность на этапе проектирования – важнейший инструмент качества и безопасности выпускаемой продукции.

Кандидаты технических наук

**С.И. ТИМКОВ,**

руководитель группы проектного менеджмента,  
RAMS-исследований и технической документации  
ОАО МТЗ ТРАНСМАШ,

**С.Г. ЧУЕВ,**

генеральный конструктор