

№ 8
2013

ОКОМОТИВ

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ ЖУРНАЛ

РЖД

Как проверять
аппаратуру МСУ
тепловозов
типа ТЭП70

Профсоюзы гарантируют социальную защищенность

Повышать эффективность рекуперативного торможения

Секреты работы нарядчика с компьютером

Назначение аппаратов
электровозов ВЛ10(У)



Новые
токоприемники

Светодиодная
индикация аппаратов ТЭМ7А

Электрические схемы электровоза ЭП2К

**ТЭМ35 – ИННОВАЦИОННЫЙ
МАНЕВРОВЫЙ ТЕПЛОВОЗ**
(см. с. 43)



ИНСТРУМЕНТЫ IRIS ДЛЯ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ

Методы поддержки анализа надежности инновационных разработок ОАО МТЗ ТРАНСМАШ

Продолжаем серию статей о практическом применении подсистемы RAMS/LCC стандарта IRIS в инновационных разработках ОАО МТЗ ТРАНСМАШ. В этой публикации представляются методы поддержки анализа надежности инновационных тормозных систем: анализы Парето и температурных кри- вых.

В рамках решения задач по надежности успешно могут применяться статистические методы повышения качества. Согласно гурӯ в области качества Каору Исикаве основные методы менеджмента качества:

- контрольные листки;
- гистограммы;
- диаграммы рассеяния;
- анализ причин и результатов (диаграмма Исикавы);

- стратификация (группировка, рас- слоение) статистических данных;
- контрольные карты;
- диаграммы Парето, настоящие ин- струменты в связке образуют полную и эффективную систему контроля и анализа качества.

Для наиболее четкой картины анализа кратко приведем характеристики каждого инструмента качества.

Контрольные листки представляют собой форму для регистрации и подсчета первичных данных, которые собираются в результате мониторинга показателей за определенный временной интервал. Рассматриваемый инструмент является эффективным в части отображения данных.

Кроме того, его отличают простота в применении, систематизация первичной информации с последующим использо-

ванием других инструментов качества, использование единой функциональной формы для регистрации. На основе опыта применения стоит отметить, что при определенном дифференцировании некоторого события, для которого не определена категория, в контрольном листке регистрироваться не будет.

Гистограммы — инструмент, позволяющий наглядно отображать, а также определять структуру и характер изменения данных (давать оценку распределения), которые трудно отметить при ином (табличном) представлении. За основу принимается решение о фокусировании ресурсов с целью улучшения показателей качества.

Применение рассматриваемого инструмента обусловлено анализом значений параметров, но не исключает использование и для оценки вероятностных показателей процессов. В качестве недостатков следует отметить необходимость в большом количестве исходных данных для точной оценки распределения, отсутствие взаимосвязи со временем исследований.

Диаграммы рассеивания используются для изучения возможной связи между двумя переменными величинами. На практике диаграммы позволяют выявить вид и степень корреляции между двумя переменными А и В, например, между несколькими характеристиками качества и др. Данный инструмент качества наиболее удобен для выявления взаимосвязи между парой данных.

Анализ причин и результатов (диаграмма Исикавы) применяется, когда требуется исследовать и наглядно отобразить причинно-следственные связи между объектом и влияющими на него факторами. Основным преимуществом диаграммы Исикавы (иногда ее также называют «рыбий скелет») является то, что она выявляет не только воздействующие факторы, но и целевую систему причинно-следственных связей. А недостатком является как раз сложность в определении данных взаимосвязей при решении комплексных проблем.

Настоящий инструмент имеет обширное поле применения. В частности, он используется как исходное для других инструментов качества (например, для диаграммы рассеивания), а также при формировании анализа видов и последствий потенциальных отказов продукции и технологических процессов. Этот весьма существенный вопрос в рамках методологии RAMS (безотказность, эксплуатационная готовность, ремонтпригодность и безопасность) будет рассмотрен в последующих публикациях.

Стратификация (группировка, расслоение) статистических данных предназначена для выявления закономерности в некотором массиве данных путем их разделения. Процесс разделения первичных данных на отдельные группы согласно определенным критериям зачастую представляется в виде

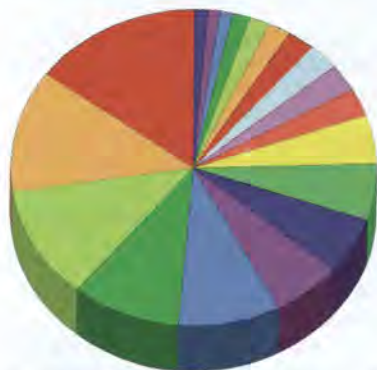


Рис. 1. Диаграмма Парето. Анализ по функционалу элементов для крана машиниста 230Д

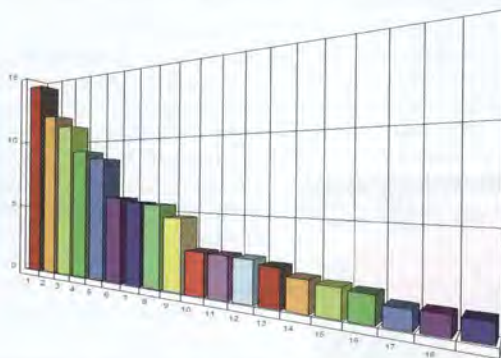


Рис. 2. Диаграмма Парето — круговая. Анализ по функционалу элементов для модуля тормозного оборудования E.310:

■ Valve — клапаны (все разновидности: питательные, переключающие, обратные, срывные, пневматические и другие); вентили; электропневматические вентили и др.; ■ Transducer — датчики (давления), преобразователи и др.; ■ Gauge — манометры и другие измерительные приборы; ■ Spring — пружины; ■ Gasket — манжеты, уплотнительные кольца, прокладки, диафрагмы и др.; ■ Gear — редукторы, передачи, шестерни и др.; ■ Tank — резервуары (питательный, запасной), камеры (запасная, рабочая), цилиндры (тормозные) и др.; ■ Washer — шайбы и другие виды крепежа; ■ Shaft — оси, стержни, валы и др.; ■ Tubing — трубы, трубопроводы, элементы магистралей и др.

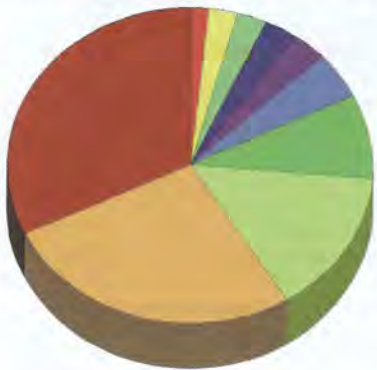


Рис. 3. Диаграмма Парето — столбчатая. Анализ по функционалу элементов для модуля тормозного оборудования E.310:

■ Valve — клапаны (все разновидности: питательные, переключающие, обратные, срывные, пневматические и другие); вентили; электропневматические вентили и др.; ■ Transducer — датчики (давления), преобразователи и др.; ■ Gauge — манометры и другие измерительные приборы; ■ Spring — пружины; ■ Gasket — манжеты, уплотнительные кольца, прокладки, диафрагмы и др.; ■ Gear — редукторы, передачи, шестерни и др.; ■ Tank — резервуары (питательный, запасной), камеры (запасная, рабочая), цилиндры (тормозные) и др.; ■ Washer — шайбы и другие виды крепежа; ■ Shaft — оси, стержни, валы и др.; ■ Tubing — трубы, трубопроводы, элементы магистралей и др.

диаграмм или графиков. Как правило, этот инструмент качества используют совместно с другими для комплексного анализа показателей надежности.

Контрольные карты (иначе, карты Шухарта или временные ряды) применимы при потребности представить ход изменения данных за определенный промежуток времени. Посредством инструмента определяется стабильность технологического процесса, а также его корректировка для предупреждения выхода показателя за допустимые величины.

Итак, наряду с отдельными методами выделяют их комбинации, т.е. комплексные методы. Выбор методов управления качеством и поиск наиболее эффективного сочетания инструментов является одним из самых творческих моментов в создании систем менеджмента качества (СМК), так как они оказывают прямое воздействие на процессы, в том числе и на изготовление продукции. Благодаря анализу с применением данных инструментов (их совокупности) выявляется картина распределения причин отказов, которая выявляет проблемные места в создаваемой конструкции.

Рассмотрим наиболее наглядный из представленных методов — анализ Парето. Данные диаграммы являются инструментом фокусирования и воздействия, позволяющим сконцентрировать ресурсы ОАО МТЗ ТРАНСМАШ на те факторы, которые позволят обеспечить наибольший результат. Принцип Парето устанавливает, что небольшое подмножество проблем происходит намного чаще, чем все остальные («полезное большинство»). Этот принцип можно сформулировать следующим образом: «20 % причин вызывают 80 % проблем». Другими словами: небольшая доля причин, вкладываемых средств или прилагаемых усилий, отвечает за большую долю результатов, получаемой продукции или заработанного вознаграждения.

Цель анализа Парето состоит в том, чтобы сосредоточить усилия на тех проблемах, которые имеют самый высокий потенциал для улучшения и помогают в распределении человеческих ресурсов для наиболее эффективного использования.

С помощью диаграммы специалисты определяют относительную важность проблемы в наглядной форме. Кроме того, диаграмма помогает предотвращать «смещение проблемы», когда ее «решение» устраняет одни проблемы, но усугубляет другие. Анализ может быть использован на всех стадиях программы RAMS — от концепции и определения, проектирования и разработки, производства, инсталляции — до эксплуатации и технического обслуживания в гарантийный и послегарантийный периоды.

Итак, в качестве практического применения данного инструментария по управлению качеством при исследовании надежности рассмотрен кран машиниста с дистанционным управлением 230Д (с функцией распределенного управления тормозами поезда — РУТП) и модуль тормозного оборудования Е.310 (МТО Е.310) для электровоза 2ЭС5. Для определения наиболее важных факторов обеспечения гарантированного уровня безопасности — в наглядной форме.

Анализ Парето по функционалу элемента

Функционал элемента	Количество	Суммарная интенсивность отказов, случаев на млн. км	Вклад функционала в совокупную интенсивность, %	Совокупный вклад, %
Valve	61	9,782	30,365	30,365
Transducer	12	8,083	25,093	55,459
Gauge	4	4,492	13,945	69,404
Spring	25	2,625	8,149	77,553
Gasket	106	1,440	4,471	82,024
Gear	8	0,960	2,980	85,004
Tank	9	0,880	2,732	87,736
Washer	117	0,819	2,542	90,278
Shaft	23	0,768	2,385	92,663
Tubing	2	0,448	1,391	94,054
Relay	4	0,266	0,826	94,880
Housing	16	0,210	0,651	95,530
Nut	15	0,205	0,638	96,168

Рассмотрим диаграммы Парето, представленные на рис. 1 — 3, которые демонстрируют анализ по функционалу элементов в графической форме для исследуемых изделий. Форму анализа можно представить как графической, так и текстовой (см. таблицу). Он не настолько нагляден, но имеет важное применение при анализе системы.

Данный инструмент управления качеством продукции (диаграмма Парето) разделил факторы, влияющие на проблему, а также на существенные и несущественные для распределения усилий по ее решению. Диаграмма Парето позволила вывести элементы в том порядке, в котором они вносят свой вклад в общий отказ системы.

■ Клапаны, вентили и подобные компоненты схожего функционала имеют вклад 30,365 % с интенсивностью отказов $FR = 9,782 \cdot 10^{-6}$ 1/ч.

■ Датчики (давления), преобразователи и подобные функциональные компоненты — 25,093 % с интенсивностью отказов $FR = 8,083 \cdot 10^{-6}$ 1/ч.

■ Манометры и другие измерительные приборы имеют вклад 13,945 % с интенсивностью отказов $FR = 4,492 \cdot 10^{-6}$ 1/ч.

■ Пружины — 8,149 % с интенсивностью отказов $FR = 2,625 \cdot 10^{-6}$ 1/ч.

■ Резинотехнические изделия (манжеты, уплотнительные кольца, прокладки, диафрагмы) — 4,471 % с интенсивностью отказов $FR = 1,440 \cdot 10^{-6}$ 1/ч.

В результате анализа Парето по функциональным элементам модуля тормозного оборудования Е.310 (МТО Е.310) формируем следующие выводы.

В о п е р в ы х, из табличного и графических представлений становится очевидным, что высокий уровень вклада в общий отказ модуля вносят клапаны (питательные, переключательные, обратные, срывные и др.). Далее по степени влияния — электропневматические и пневматические вентили, а также другие компоненты, что, в свою очередь, не является критичным. Оценивая план превентивного обслуживания настоящего модуля тормозного оборудования, становится очевидным: при своевременном выполнении графика технического обслуживания (замена один раз в четыре года) эти элементы не успеют выработать свой ресурс и не повлекут отказ системы.

В о в т о р ы х, датчики (давления), преобразователи и другие подобные функциональные компоненты должны соответ-

ствовать нормам планового обслуживания, так как они вносят немалый вклад в общую картину отказов.

В – т р е т ь и х, манометры и другие измерительные приборы имеют достаточно большое значение показателя интенсивности отказов, но прямого влияния на безопасность эксплуатации подвижного состава не имеют возможности. Следовательно, их потенциальный отказ не скажется на работе МТО Е.310 (почему именно так, можно будет понять в следующих публикациях на примере анализа видов и последствий потенциальных отказов — FMECA, а также анализа дерева отказов — FTA).

Последующие компоненты, такие как spring (пружины) и gasket (манжеты, уплотнительные кольца, прокладки, диафрагмы и др.), согласно плану превентивного обслуживания МТО Е.310 заменяются каждые четыре года. Таким образом, их неисправность практически исключена.

Остальные факторы являются несущественными, их влияние на отказ системы незначительно, что и было выявлено при проведенном анализе. Такие компоненты как шайбы и другие виды крепежа — washer, резервуары (питательный, запасной), камеры (запасная, рабочая), цилиндры (тормозные) — tank; трубы, трубопроводы, элементы магистралей — tubing — включены в перечень в большей степени из-за количества данных элементов в конструкции, и вероятность их отказа стремится к нулю.

В качестве заключения по применению рассмотренного метода менеджмента качества необходимо выделить его ключевые достоинства:

- ✓ эффективное графическое представление;
- ✓ не требует много времени и усилий;
- ✓ может быть использован для принятия решений как в технических, так и в других областях.

Для изучения и анализа надежности в зависимости от режимов эксплуатации в качестве еще одного полезного прикладного метода анализа надежности конструкции следует выделить анализ температурных кривых. Его применение позволяет проанализировать влияние температуры и условий эксплуатации на надежность исследуемого либо впервые созданного изделия с помощью отображения интенсивности отказов (средней наработки на отказ) при различных температурах.

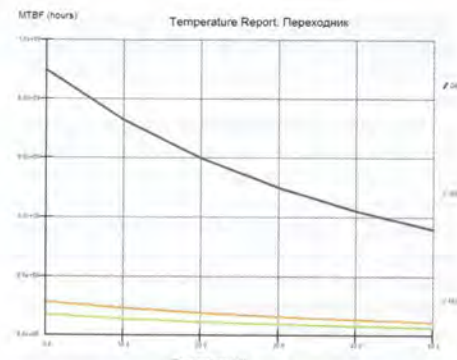
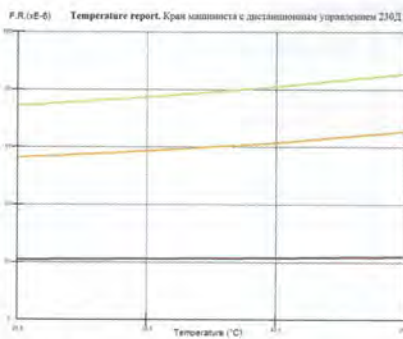


Рис. 4. Температурные кривые (интенсивность отказов/средняя наработка на отказ)

Рис. 5. Температурные кривые «переходника» (средняя наработка на отказ)

Для наглядного восприятия рассмотрим результирующую температурную кривую на кран машиниста с дистанционным управлением 230Д одновременно для нескольких различных условий эксплуатации в графической форме. Фрагменты результатов теоретических инженерных расчетов температурных и других условий эксплуатации приведены на рис. 4.

Согласно данным расчетам делается заключение, что разрабатываемая конструкция крана машиниста 230Д отвечает нормативным требованиям по надежности (наработка на отказ) и не нарушает свою работоспособность в интервале рабочих температур окружающего воздуха от +60 до -50 °С. Таким образом, мы получаем необходимые данные еще на этапе проектирования и разработки, а, следовательно, в случае необходимости, предпринимаем ряд корректирующих мер для выполнения целей качества.

Соответственно, модель интенсивности отказов в настоящем случае для различных режимов эксплуатации определяют по формуле: $\lambda = \lambda_{\text{норм}} \times \pi_T$ где π_T — коэффициент температурного влияния.

Возможен учет влияния на надежность элементов основных дестабилизирующих факторов (электрических нагрузок, температуры окружающей среды) путем введения в расчет поправочных коэффициентов. Выбор модели зависит от полноты статистических данных для соответствующих расчетов.

В результате изучения графиков для каждого рассматриваемого компонента конструкции выявляется коэффициент. Необходимо также отметить режимы эксплуатации, в зависимости от которых был произведен расчет показателей надежности крана машиниста с дистанционным управлением 230Д: GB — нормальные условия эксплуатации, постоянный доступ для технического обслуживания; GM — в режимах ударных воздействий и вибраций, таких как вагоны поездов; NUU — режимы с полностью защищенным от погодных условий оборудованием, связанные с высокой или низкой температурой, резкой разницей температур, суровыми условиями и др.

В случаях, когда необходим детальный анализ компонента, например переходник, для него строится график соответствующих температурных кривых, фрагмент которого представлен на рис. 5. По переходнику заключаем следующее: в режимах ударных воздействий и вибраций, т.е. в интервале рабочих температур на подвижном составе железных дорог температурная кривая, а, соответственно, и показатели надежности находятся в управляемом состоянии и соответствуют требованиям нормативной документации.

В целях экспериментального подтверждения расчетных данных проводятся климатические испытания тормозного оборудования, в рамках которых проверяется

работоспособность конструкции или состояния элементов в процессе и/или после воздействия на них климатических факторов. Представленная в статье часть анализа надежности проводится специалистами ОАО МТЗ ТРАНСМАШ с целью улучшения понимания воздействия температуры на разнообразные аспекты безотказной работы инновационных тормозных систем.

В заключение отметим, что качество продукции оценивается по совокупности показателей, имеющих к нему прямое отношение и определенных в соответствии с ее назначением. Рассматриваемые методы анализа влияния различных причин отказов и условий эксплуатации на надежность (безотказность и готовность), суть которых в определении наиболее значимых факторов на основе использования диаграмм Парето и температурных кривых, служат для выработки рекомендаций, направленных на повышение надежности изделий.

Кандидаты технических наук **С.Г. ЧУЕВ**,
генеральный конструктор
ОАО МТЗ ТРАНСМАШ,
С.И. ТИМКОВ,
руководитель группы проектного
менеджмента,
RAMS-исследований
и технической документации,
инженер-конструктор **Н.М. БОРИСОВ**,
аспирант МГУПС (МИИТ)

НОВОСТИ ТРАНСМАШХОЛДИНГА

Выпущена первая партия двухэтажных вагонов

Тверской вагоностроительный завод (ТВЗ, входит в состав ЗАО «Трансмашхолдинг») передал ОАО «Федеральная пассажирская компания» первый поезд, состоящий из двухэтажных вагонов. Об этом сообщили в Департаменте по связям с общественностью холдинга. В составе 15 вагонов: 12 купейных, штабной, СВ и вагон-ресторан.

Ожидается, что вагоны будут приписаны к пассажирскому вагонному депо Adler (Северо-Кавказский филиал ОАО «ФПК») и в дальнейшем станут эксплуатироваться на маршрутах между Центральной Россией и черноморскими курортами. В общей сложности до конца этого года на ТВЗ построят для российских железных дорог 50 двухэтажных вагонов — три состава и резерв.

Двухэтажные вагоны — это принципиально новый для России подвижной состав. Они призваны помочь железнодорожникам уве-



личить интенсивность пассажиропотока и повысить экономичность перевозок.

Пассажироместность нового спального вагона с четырехместными купе — 64 спальных места, вагона СВ — 30 мест, штабного — 50 мест (включая 2 специально оборудованных места для проезда инвалидов

и сопровождающего лица). В обеденном зале вагона-ресторана, расположенном на втором этаже, могут одновременно разместиться 48 посетителей, а в баре на первом этаже — еще 6 человек.

Все вагоны выполнены с применением энергосберегающих технологий. Централизованное электроснабжение позволяет снизить энергозатраты на 35 — 40%. По сравнению с обычными вагонами, двухэтажные обеспечивают существенную экономию на эксплуатационных расходах.

В настоящее время на ТВЗ также ведутся работы по созданию двухэтажных вагонов с местами для сидения. Ожидается, что первые образцы будут построены в 2015 г.

По материалам Департамента по связям с общественностью ЗАО «Трансмашхолдинг»