

**МЕТОДИКА ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЛОКОМОТИВОВ  
ПО ЦИКЛУ PDCA****А.Э. Попов**

Оренбургский институт путей сообщения  
филиал Самарского государственного университета путей сообщения,  
[a.eh.popov@yandex.ru](mailto:a.eh.popov@yandex.ru)

**Аннотация.** В настоящей статье рассматриваются проблемы эксплуатации локомотивов (тепловозов и электровозов) и приведена методика повышения надежности локомотивов по циклу PDCA.

**Ключевые слова:** локомотив, цикл Деминга – Шухарта, надежность, безотказность, механическая прочность, риски

Надежность тягового подвижного состава (локомотивов) во многом зависит от климатических, механических факторов, а также так называемого «человеческого фактора» со стороны обслуживающего персонала /1, с.48/.

Со стороны окружающей среды на локомотивы действуют: солнечная радиация, температура и относительная влажность воздушной среды, ее плотность, движение, наличие в ней твердых и газообразных примесей; снег, дождь, туман, иней, роса.

Перепады температур вызывает ускорение протекания химических реакций. Под влиянием периодических тепловых воздействий происходит деформация элементов конструкций, вплоть до частичного разрушения.

Параметры полупроводниковых приборов заметно изменяются даже при сравнительно небольших положительных температурах (выше 40 - 50°С). Изоляционные материалы с большой диэлектрической проницаемостью также сильно зависят от их температуры.

Под действием тепла механическая прочность изоляции уменьшается; электрическая прочность вначале увеличивается по причине удаления из материала влаги, а затем уменьшается до ее первоначального значения, и в итоге изоляция постепенно разрушается.

Под действием влаги у металлических поверхностей изменяется цвет, степень шероховатости, электропроводность, поверхностная прочность и т. п. Латунные детали в местах больших механических напряжений (в местах изгибов с малыми радиусами и в местах вытяжки) под действием повышенной влажности ломаются.

Вредное действие оказывает влага в виде конденсата на поверхностях деталей систем, образующего при быстром изменении температуры.

Механические воздействия на различные элементы и системы управления могут происходить как в процессе эксплуатации, так и при транспортировке. Различают два вида механических воздействий: удары и вибрация.

Действие ударов в условиях пониженной температуры вызывает значительно больше повреждений конструкций, чем в нормальных условиях работы, из-за повышенной хрупкости многих изоляционных материалов.

Вибрации представляют собой периодические колебания, которым подвергаются устройства, узлы и агрегаты. Вызывают они обычно те же последствия, что и удары.

Опасность их состоит в том, что длительное действие вибрации приводит к разрушению за счет явлений усталости, которая при знакопеременных нагрузках проявляется в большей степени, чем при статических нагрузках.

Монтажные провода, жгуты и кабели при вибрации могут обрываться, особенно если отдельные негибкие провода сильно натянуты или попадают в механический резонанс.

Кроме физического износа локомотивы претерпевают также моральный износ, который обуславливается появлением более современных систем, на новой элементной базе и улучшенными техническими характеристиками.

Чаще всего в системах управления и контроля ранее наступает моральный износ, а затем появляется физический, обусловленный многими факторами, среди которых не последнее место занимает усталость металла, которая появляется при длительных сроках эксплуатации.

Надежность сложных систем зависит от разнообразных факторов, раздельное и комплексное изучение которых необходимо, поскольку без раскрытия физической природы отказов затруднительно выбрать наиболее подходящие направления работ по обеспечению и повышению надежности, как отдельных видов оборудования, так и систем в целом, в нашем случае тягового подвижного состава.

Все множество факторов, влияющих на оборудование сложных систем, принято классифицировать по области их действия. /1, с. 218//

Конструкционные факторы непосредственно связаны с действиями конструкторов в процессе проектирования и конструирования, ведь именно они разрабатывают структурную, функциональную, принципиальную и др. схемы системы, рассчитывают материалы и элементы системы, разрабатывают технологию изготовления системы и ее элементов, а также и

систему эксплуатации и т.д.

При проектировании системы выбирается принцип ее работы и структура. Осуществляется конструктивная разработка отдельных узлов и приборов. Если на стадии проектирования не будут учитываться данные факторы, связанные с надежностью системы, и тем более, если будут допущены неточности в проектировании, то обеспечить надежность за счет мер, принимаемых на двух последующих этапах (производстве и эксплуатации), весьма трудно. Это потребует больших материальных затрат, а в некоторых случаях даже практически невозможно. На этом этапе главное внимание должно быть обращено на выбор наиболее простой системы, имеющей по возможности наименьшее число элементов и связей между ними. Это требование подтверждается тем, что в нерезервированных системах вероятность отказа системы в первом приближении пропорциональна количеству элементов. Наряду с выбором простой схемы, оцениваемой приближенно по количеству элементов, большое влияние на надежность системы имеет выбор стабильной схемы. В стабильной по принципу действия схеме обычно наблюдаются минимальные связи между параметрами отдельных элементов, а также обеспечивается минимальное влияние отклонений параметров элементов на величину ошибки в выходной величине системы.

Таким образом, выбор простой и стабильной по принципу действия схемы является одной из главных мер обеспечения высокой надежности системы, как при внезапных, так и при постепенных отказах.

Большое влияние на безотказность системы оказывают условия ее работы, а именно: воздействующие на систему и элементы механические, климатические и др. нагрузки. При проектировании системы необходимо максимально уменьшить влияние внешних и внутренних нагрузок на систему и ее элементы. Эта задача в основном решается правильным выбором конструкции узлов, приборов и системы в целом. В качестве дополнительных конструктивных мер, обеспечивающих повышение безотказности, можно указать на методы снижения влияния механических нагрузок путем применения специальных конструктивных форм устройств, амортизаторов и т.д. Влияние климатических нагрузок может быть в значительной степени ослаблено при правильном конструктивном оформлении узлов и блоков, например, с таким расчетом, чтобы обеспечить повышенную теплоотдачу (искусственное охлаждение), защиту от влаги (герметизация). Немаловажную роль играет и выбор материалов, которые должны обладать требуемыми физико-механическими, прочностными и другими характеристиками.

При разработке схемы и конструкции должны также быть предусмотрены меры, позволяющие обеспечить надежность системы при эксплуатации, а именно: блочная конструкция системы, применение стандартных и унифицированных узлов и блоков, удобство проверок, технического обслуживания и ремонта.

К производственным факторам следует отнести факторы, обусловленные организацией технологического процесса производства системы и ее элементов, а также процесса технического контроля. Соблюдение установленных технологических процессов должно начинаться с входного

контроля материалов и изделий, применяемых в системе, обеспечении при необходимости качественной замены материалов. Важным методом повышения надежности систем является правильная организация производственного контроля и уровень культуры производства. /2. с. 14/

Особый вред надежности системы наносится скрытыми производственными дефектами в результате нарушения технологического процесса. Обычно скрытые дефекты представляют наибольшие трудности при техническом контроле. Наряду с техническим контролем надежность сложных систем может быть существенно повышена, особенно для начального периода эксплуатации, проведением тренировочных испытаний системы в производственных условиях. Это позволяет устранить большинство производственных и скрытых отказов, если приработка системы проходит при больших, по сравнению с номинальными, нагрузками.

Основные эксплуатационные факторы, влияющие на надежность: воздействия окружающей среды, условия эксплуатации системы и квалификация обслуживающего персонала.

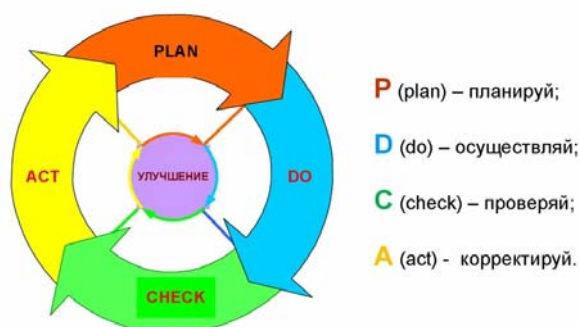
К факторам окружающей среды в первую очередь следует отнести климатические (температура, влажность, давление и др.) условия, при которых эксплуатируется система.

Естественно, что полностью исключить отказы локомотивов в период эксплуатации не удастся, поэтому необходимо построить систему эксплуатации объекта таким образом, чтобы обеспечить минимальное время восстановления отказавшей системы.

Таким образом, требуемая надежность системы может быть обеспечена только комплексом методов, применяемых на всех этапах ее жизненного цикла.

Основополагающий принцип построения системы управления надежностью локомотивов - это постоянное улучшение. Этот принцип лежит в основе всех методик управления надежностью, качеством, менеджмента предприятия в целом

Наиболее известный ученый в области качества Эдвард Деминг развил идеи У.Шухарта, создал теорию вариабельности в производстве. Э.Деминг применил системный подход, известный как “Цикл Деминга” /4, с. 6/ или цикл PDCA (Plan, Do, Check, Act) – “планируй, осуществляй (исполняй), проверяй результат, действуй (корректировка результатов)”. Цикл PDCA показан на рисунке 1.



**Рисунок 1. – Цикл PDCA**

Схема организации работы системы по циклу PDCA показана на рисунке 2. В результате эксплуатации локомотивов (блок 1) формируется исходная база данных об отказах и неисправностях (блок 2). База данных статистически обрабатывается (блок 3), в результате чего вырабатываются корректирующие мероприятия (блок 4). На основании предложенных корректирующих мероприятий (блок 4) и нормативной базы Российской Федерации, открытого акционерного общества «Российские железные дороги», (блок 6) в технологический процесс вносятся изменения (блок 5). В результате откорректированного процесса ремонта и технического обслуживания (блок 7) изменяются показатели надежности локомотивов в эксплуатации. Затем цикл управления повторяется.



**Рисунок 2. – Схема организации работы системы по циклу PDCA**

Для реализации цикла PDCA необходимо в качестве ключевого показателя качества работы систем использовать следующие показатели:

- рост коэффициента готовности локомотивов;
- сокращение времени простоя локомотивов в ремонтных депо;
- сокращение расхода ресурсов на ремонт локомотивов.

Для практической реализации принципа постоянного улучшения в открытого акционерного общества «Российские железные дороги» разработан комплекс стандартов и методик, позволяющих применять их непосредственно в процессе технического обслуживания и ремонта локомотивов (тепловозов и электровозов). Кроме того, в целях снижения отказов локомотивов в эксплуатации возможна разработка матрицы рисков возникновения неисправностей их узлов /5, с 19/.

Описанный методологический подход является основой реализации повышения надежности локомотивов в эксплуатации по циклу PDCA.

#### **Список использованных источников**

1. Половко А.М., Гуров С.В.: Основы теории надежности. - 2 изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 704 с
2. Четвергов В.А. Анализ факторов, определяющих надежность тепловозов на различных стадиях жизненного цикла / В. А. Четвергов, Д. В. Балагин, О. В. Балагин // Известия Транссиба – 2014 – №4 – С. 72-79.
3. СТО 1.05.515.2 Методы и инструменты улучшений. Анализ Парето. – М.: ОАО «РЖД», 2009.
4. Цикл Деминга (PDCA) / А. С. Селиверстов, Т. В. Полякова, В. В. Постнов [и др.]. - Текст : непосредственный // Молодой ученый. - 2019. - № 8 (246). - С. 98-99.
5. Попов А.Э.: Анализ рисков возникновения отказов в поездах дальнего следования/ Транспорт: наука, техника, управление – 2022. - №7. – С. 16 – 20.