

УДК 629.423.004.67: 629.4.023.2

© 2013 А. П. Буйносов, Я. А. Мишин

АНАЛИЗ ПРИЧИН ОТКАЗОВ УЗЛОВ ЭЛЕКТРОВОЗОВ НА ОСНОВЕ ЗАКОНА ПАРЕТО И ДИАГРАММЫ ИСИКАВЫ

В статье рассматривается практическое применение некоторых инструментов качества для анализа полученных статистических данных по количеству событий, связанных с отказами узлов электровозов ВЛ10 и ВЛ11 с целью выявления причинно-следственных факторов, получения качественных и количественных характеристик. На основе закона Парето и диаграммы Исикавы выполнен анализ отказов и выявлены причины их возникновения.

Ключевые слова: электровоз, узел, деталь, отказ, закон Парето, диаграмма Исикавы, анализ, причины.

В последние годы с целью повышения эффективности функционирования отрасли разработанная программа «Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации», в рамках которой производится модернизация локомотивов и ремонтных комплексов.

Это позволило в силовых передачах и управляющих устройствах локомотивов применить электронные системы автоматики, а в конструкции – новые высокопрочные материалы и технологии [1–3].

В ремонтном комплексе внедряются диагностирующие и испытательные стенды, старое ремонтное оборудование заменяется автоматизированным и механизированным, а при решении эксплуатационных задач используется электронно-вычислительная техника [4, 5].

Несмотря на совершенствование узлов и деталей локомотивов, оборудования и технологии для их ремонта, случаи возникновения отказов не уменьшились [6]. Даже внедрение в компании ОАО «РЖД» технологий бережливого производства не позволило пока добиться существенного результата.

Поэтому для повышения эксплуатационной надежности локомотивов нужно постоянно проводить анализ мониторинга выхода из строя узлов и деталей с целью усиления контроля за ненадежно работающими узлами при производстве текущих ремонтов и технических обслуживания электровозов с разработкой способов повышения их надежности.

Одним из способов анализа является сбор и обработка статистической информации. Это позволяет:

- определить причины отказов;
- рассчитать количественные показатели надежности узлов;
- найти уязвимое место в узле [7].

Неисправности электровоза, вызывающие его остановку, приводят к большим экономическим убыткам [8]. В связи с этим возникла необходимость выявить узлы для «первоочередной доработки».

На основе собранной статистической информации об отказах узлов (деталей) электровозов ВЛ10 и ВЛ11 в ремонтных локомотивных депо Свердловской дирекции по ремонту тягового подвижного состава структурного подразделения Дирекции по ремонту тягового подвижного состава – филиала ОАО «РЖД» выявлено, что в 2012 г. было допущено 278 отказов (событий), связанных с нарушением безопасности движения поездов и эксплуатации железнодорожного транспорта, что на 39 % больше, чем в 2011 г. (200 событий).

После обработки полученных данных установлено, что в 2011 г. произошло 94 отказа по причине неисправностей в узлах электровозов ВЛ10 и ВЛ11, а в 2012 г. в узлах этих же электровозов произошло 125 отказов. Выполненный анализ позволил выявить узлы с наибольшей частотой возникновения отказов и имеющих выраженную вариабельность (виды дефектов и их причины) (табл. 1).

Таблица 1

Распределение количества отказов по узлам электровозов ВЛ10 и ВЛ11

Наименование узла	Количество отказов	
	2011 г.	2012 г.
Тяговые электродвигатели	27	33
Вспомогательное оборудование	9	12
Электронное оборудование	11	13
Механическое оборудование	20	29
Приборы безопасности	8	12
Кузовное оборудование	6	7
Автотормозное и пневматическое оборудование	10	14
Прочие неисправности	3	5
Всего	94	125

Из таблицы 1 видно, что в 2011 г. наибольшее количество отказов приходится на тяговые электродвигатели (27 случаев) и механическое оборудование (20 случаев), а в 2012 г. – 33 и 29 случая, соответственно, что в сумме в 2011 г. составляет 50 %, а в 2012 г. – уже более 50 % от общего количества отказов.

Для выявления причин, влияющих на возникновения отказов в узлах электровозов, необходимо правильно определить инструменты анализа.

В настоящее время для качественной оценки технического состояния узлов и агрегатов локомотивов применяется анализ Парето [9].

Закон Парето, или Принцип Парето – это эмпирическое правило, названное в честь Вильфредо Парето. В наиболее общем виде формулируется так: 20 % усилий дают 80 % результата, а остальные 80 % усилий – лишь 20 % результата. Иначе говоря, правильно выбрав самые важные факторы (причины или действия), можно быстро получить значительную часть от планируемого полного результата, при этом дальнейшие улучшения неэффективны и могут быть неоправданны. Закон Парето может использоваться как базовая установка в анализе факторов эффективности какой-либо деятельности и оптимизации ее результатов.

Основной целью использования закона Парето является:

- представление информации о факторах (причинах), влияющих на изменения характеристики;
- ранжирование факторов (причин) и распределение приоритетов в последующих действиях;
- оценивание результативности и эффективности предлагаемых действий;
- определение области первоочередных мероприятий.

Диаграмма Парето – графическое отражение закона Парето, кумулятивной зависимости распределения дефектов узлов электровозов, инструмент анализа, показывающий в убывающем порядке «вклад» отдельного фактора. Диаграмма Парето позволяет выявить и отобразить первоочередные проблемы и распределить усилия с целью их эффективного решения; установить основные факторы, с которых нужно начинать действовать.

Существует два типа диаграмм Парето:

1) по результатам деятельности. Служит для выявления главной проблемы и отражения нежелательных результатов (отказы, дефекты, события и др.);

2) по причинам (факторам). Эта диаграмма отражает причины проблем, возникающих в ходе производства, и используется для выявления главной из них: исполнитель работы; смена, бригада, опыт работы, квалификация, станки, агрегаты, инструменты, оснастка.

Построим диаграмму Парето 2-го типа («по причинам») для выявления наиболее значимых дефектов в узлах, ставших причинами нарушения правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта в 2012 г.

На первом этапе, исходя из табл. 1, производим классификацию дефектов и определяем их количество в отказавших узлах. Вторым действием фиксируем все это в таблицу, с учетом граф для количества и накопленной суммы дефектов, процентов от их общего количества и суммарного процента. Далее расставляем узлы в порядке уменьшения количества дефектов,

начиная с «повреждение роликов подшипника» и заканчивая «повреждением корпуса редуктора» и посчитаем общее количество дефектов. В графе «накопленная сумма количества дефектов» к предыдущему количеству дефектов прибавляем последующее. В следующей графе вычисляем процент каждого вида дефектов от их общего количества и подсчитаем общее количество процентов. Последнюю графу заполняем по аналогии с графой «накопленная сумма количества дефектов» (см. табл. 2).

Таблица 2

Классификация дефектов узлов электровозов

Дефекты узлов	Количество дефектов	Накопленная сумма количества дефектов	Процент числа дефектов от общего количества дефектов	Накопленный процент
Повреждение роликов подшипника	38	38	34	34
Шум редуктора	27	65	24	58
Повреждение внутренних и наружных колец подшипника	13	78	12	70
Повреждение моторно-осевого подшипника	11	89	10	79
Повреждение малой шестерни	8	97	7	87
Повреждение большого зубчатого колеса	7	104	6	93
Наличие металла в редукторе	5	109	4	97
Повреждение корпуса редуктора	3	112	3	100
Итого:	112	–	100	–

Для построения диаграммы Парето на оси абсцисс обозначаем название дефектов, а на оси ординат – количество дефектов.

Далее строим столбчатую диаграмму, где каждому дефекту соответствует свой столбик, вертикальная сторона которого равна количеству дефектов. Дефекты откладываем в порядке убывания. Если при построении диаграммы получаем, что ряд столбцов имеют одинаковую высоту, то это означает их одинаковый «вклад в образование дефектов» узлов электровозов.

На правой стороне графика по оси ординат откладываем значения кумулятивного процента и вычерчиваем кривую кумулятивной суммы. Данная кривая носит название кривой Парето, она отражает в общем случае накопленное влияние всех причин образования дефектов в узлах электровозов ВЛ10 и ВЛ11.

Далее на уровне 80 % проводим горизонтальную линию до пересечения с кумулятивной кривой и из точки пересечения опускаем перпендикуляр на горизонтальную ось. В итоге получаем две области дефектов, которые расположены слева от перпендикуляра являются значимым, а справа не значимые (рис. 1).

Из построенной диаграммы Парето видно, что в области риска оказались такие дефекты как повреждение роликов подшипника, шум редуктора, повреждение внутренних и наружных колец подшипников, повреждение моторно-осевого подшипника (49,6 %). Такое положение обусловлено причинами, выявить которые для дальнейшего изучения и нивелирования можно при помощи других инструментов качества.

При установлении причинно-следственных связей между объектом анализа и влияющими на него факторами используется диаграмма Исикавы [10].

Диаграмма Исикавы – это инструмент, обеспечивающий системный подход к определению фактических причин возникновения дефектов в узлах электровозов. Диаграмма позволяет в простой и доступной форме систематизировать все потенциальные причины рассматриваемых проблем, выделить самые существенные из них и провести поэтапный поиск первопричин для эффективного их разрешения [11].

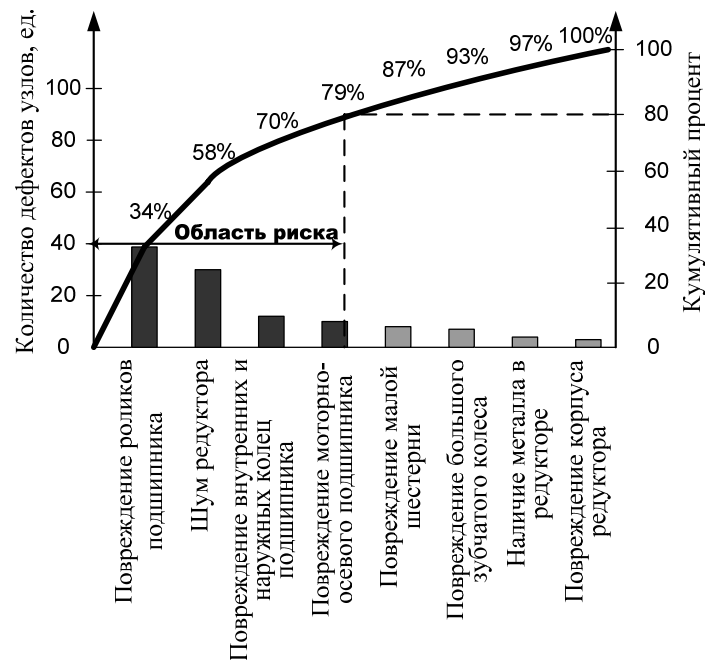


Рис. 1. Диаграмма Парето по видам дефектов узлов электровозов ВЛ10 и ВЛ11

Для распределения в сжатой форме и логической последовательности причин возникновения дефектов, которые привели к отказу узлов электровозов, построим диаграмму Исикавы для дефектов, попавших в область риска (рис. 2).



Рис. 2. Диаграмма Исикавы для дефектов, оказавшихся в области риска

Анализируя построенную причинно-следственную диаграмму (см. рис. 2), можно сделать вывод, что наибольшее возникновение отказов происходит из-за повреждения роликов подшипников. Этот факт подтверждается количеством дефектов – 38, по сравнению с остальными видами дефектов: шум редуктора – 27, повреждение внутренних и наружных колец подшипников – 13, повреждение моторно-осевого подшипника – 11. Истинными причинами возникновения дефектов стали трещины и изломы роликов, рифление и износ поверхности роликов, монтажные задиры и электроожоги на поверхностях роликов.

Проведенный анализ свидетельствует о том, что лимитирующим узлом в конструкции электровозов являются буксовые, моторно-осевые и моторно-якорные подшипники [12].

Таким образом, с целью поддержания электровозов в работоспособном состоянии и для обеспечения безопасности движения требуется разработка технических мероприятий, направленных на повышение надежности подшипников [13].

Для этого необходимо:

- 1) исследовать причины возникновения трещин и изломов в роликах, рифлений, износа и электроожогов их поверхности [14];
- 2) разработать эффективные меры для повышения долговечности роликовых подшипников [15];
- 3) устранить монтажные задиры при техническом обслуживании и ремонте электровозов [16].

На основе проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Практическое применение закона Парето и диаграммы Исикавы для проведения анализа отказов узлов и деталей электровозов позволяет выявить причинно-следственные связи между дефектами и причинами отказов, получать их качественные и количественные характеристики.

2. На основании результатов сравнения ступенчатой функции диаграммы Парето, определяющей эмпирическую плотность вероятности, с законами распределения можно определить способы для повышения надежности лимитирующего узла в конструкции электровозов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Балдин В.Л., Буйносов А.П., Тихонов В.А. Повышение долговечности колесных пар за счет упрочнения гребней бандажей локомотивов // Вестник транспорта Поволжья. – 2011. – № 5. – С. 57–60.
- 2 Буйносов А.П. Наплавка гребней бандажей промышленных электровозов без выкатки колесных пар // Вестник транспорта Поволжья. – 2012. – № 4. – С. 3–11.
- 3 Буйносов А.П., Стаценко К.А., Тихонов В.А. Влияние применения триботехнического состава НИОД на ресурс колесных пар электроподвижного состава // Вестник транспорта Поволжья. – 2011. – № 1. – С. 30–35.
- 4 Буйносов А.П., Пышный И.М., Тихонов В.А. Ремонт локомотивов без прекращения их эксплуатации // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2012. – Т. 60. – № 1. – С. 85–91.
- 5 Буйносов А.П. Основные причины интенсивного износа бандажей колесных пар подвижного состава и методы их устранения. – Екатеринбург : Изд-во УрГУПС, 2009. – 224 с.
- 6 Буйносов А.П., Кислицын А.М. Измерительная система для контроля диаметра бандажей колесных пар электровозов на основе разработанного электронного прибора // Научное обозрение. – 2012. – № 4. – С. 179–187.
- 7 Буйносов А.П., Наговицын В.С. Новый смазывающий состав повышает надежность // Локомотив. – 1998. – № 7. – С. 36.
- 8 Буйносов А.П., Тихонов В.А. Наноматериал увеличит срок службы бандажей колесных пар // Научное обозрение. – 2011. – № 5. – С. 266–274.
- 9 Воробьев А.А., Скребков А.В., Карпов В.А. Анализ Парето для контроля качества деталей подвижного состава // Мир транспорта. – 2012. – № 5. – С. 24–26.
- 10 Исикава К. Японские методы управления качеством. – М.: Экономика, 1988. – 216 с.
- 11 Стандарт ОАО «РЖД». СТО 1.05.515.3-2009. Методы и инструменты улучшений. Диаграмма Исикавы (утв. распоряжением ОАО «РЖД» 02.06. 2009 г. № 1150р).
- 12 Буйносов А.П., Стаценко К.А., Бган Е.В., Гузенкова Е.А., Мишин Я.А. Повышение надежности роликовых подшипников тяговых двигателей электровозов постоянного тока // Научно-технический вестник Поволжья. – 2013. – № 1. – С. 117–120.
- 13 Буйносов А.П., Стаценко К.А., Бган Е.В., Мишин Я.А. Разработка способа предупреждения монтажных задиров якорных подшипников тяговых электродвигателей электровозов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2013. – № 1. – С. 121–124.
- 14 Буйносов А.П., Мишин Я.А. Повышение надежности тяговых редукторов электровозов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. – № 3. – С. 85–89.
- 15 Буйносов А.П., Мишин Я.А. Повышение долговечности опорных цилиндрических роликовых подшипников тягового привода пассажирского электровоза // Научно-технический вестник Поволжья. – 2012. – № 6. – С. 151–154.
- 16 Буйносов А.П., Стаценко К.А., Бган Е.В., Мишин Я.А. Исследование причин повреждения подшипников тяговых двигателей электровозов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2013. – № 1. – С. 113–116.