

Сбор и обработка информации о надежности на предприятиях вагоностроения

Collecting and processing dependability-related information in car building companies

Белоусова М.В.¹, Булатов В.В.^{2*}
Belousova M.V.¹, Bulatov V.V.^{2*}

¹ ООО «ПРОЦифру», Российская Федерация, Санкт-Петербург

² Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, Российская Федерация, Санкт-Петербург

¹ ООО PROTsifru, Russian Federation, Saint Petersburg

² Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Saint Petersburg, Russian Federation

* bulatov-vitaly@yandex.ru



Белоусова М.В.



Булатов В.В.

Резюме. Пассажирские вагоны являются сложными техническими изделиями. Они состоят из агрегатов, узлов и компонентов, которые характеризуются определенным сочетанием деталей, находящихся во взаимодействии. Помимо этого, в современных пассажирских вагонах значительное количество автоматики и автоматизированных компонентов: система кондиционирования, электронагревательные системы, системы освещения, двери купе, наружные двери и др. При сборе данных о техническом состоянии изделий необходимо обеспечить регулярность, достоверность, своевременность и полноту информации. Известно, что качество и надежность изделия наиболее полно проявляется в процессе эксплуатации. Грамотная организация сбора и обработки информации о надежности изделия дает возможность получить достоверную информацию о его работоспособности и эффективности. В процессе эксплуатации пассажирских вагонов могут нарушаться связи между отдельными узлами и компонентами, ослабляться крепления отдельных деталей, датчиков, происходит естественный износ резиновых уплотнений. Все это приводит к снижению эксплуатационных показателей и возникновению ряда неисправностей и отказов. Для уменьшения интенсивного возрастания количества отказов требуется выполнять ряд профилактических действий, которые направлены на выявление и устранение неисправностей, а также предупреждение причин их возникновения. Прежде всего, к таким мероприятиям следует отнести техническое обслуживание и капитальный ремонт подвижного состава. Все эти мероприятия строго регламентированы в руководствах по эксплуатации как самого вагона, так и его компонентов. Приблизительный диапазон назначенного срока службы пассажирских вагонов, как и их узлов и агрегатов, составляет от 20 до 40 лет. Некоторые компоненты пассажирских вагонов производятся серийно с модификациями начала 2000-х годов. Таким образом, мы можем говорить о возможной комплексной оценке надежности изделий за весь жизненный цикл. Но это можно сделать только при сборе и обработке значительного количества информации о неисправностях, полученных как в гарантийный, так и в постгарантийный период. Эта информация должна поступать из различных источников: эксплуатирующих организаций, обслуживающих депо, вагоноремонтных заводов, которые проводят капитальные ремонты. Эта ценнейшая информация должна накапливаться и поддаваться цифровизации. В данной статье затрагивается ряд вопросов, связанных со сбором, валидацией и учетом неисправностей и отказов компонентов пассажирских вагонов. **Цель.** Рассмотреть актуальное состояние систем сбора и обработки данных о неисправностях на предприятиях вагоностроения и предложить алгоритмические и методические решения для повышения уровня автоматизации процесса обработки информации об отказах. **Методы.** В статье применяются методы системного анализа и программной инженерии. **Выводы.** Предложен алгоритм учета отказов изделий по входящим документам. Разработаны программные решения для автоматизации процесса сбора и обработки данных о неисправностях компонентов пассажирских вагонов. Рассмотрена методика учета гарантийного парка, необходимого для формирования суммарной наработки в процессе расчета показателей надежности компонентов пассажирских вагонов в процессе эксплуатации. Предложен кодификатор отказов, учитывающий особенности структурной взаимосвязи компонентов пассажирских вагонов.

Abstract. Passenger cars are complex technical products. They consist of units, assemblies, and components that are characterized by a certain combination of interacting parts. Additionally, modern passenger cars feature significant numbers of automatic subsystems and automated

components: air conditioning, electric heating systems, lighting systems, compartment doors, exterior doors, etc. The process of collecting data on the technical condition of products is to ensure the regularity, reliability, timeliness, and completeness of information. It is known that products most clearly manifest their quality and dependability in operation. A competent organisation of the collection and processing of information on a product's dependability allows obtaining reliable information on its health and performance. In the course of operation, the connections between individual units and components of passenger cars may become disrupted, the fasteners of individual parts and sensors may become loose, rubber seals may become naturally worn. All of that causes performance decline, as well as malfunctions and failures. Preventing a sharp increase in the number of failures requires performing a number of preventive actions aimed at identifying and eliminating faults, as well as preventing their root causes. First and foremost, such measures include rolling stock maintenance and overhaul. All such activities are strictly regulated in the operating manuals of both a car and its components. The specified life of passenger cars, as well as their components and units, varies roughly from 20 to 40 years. Some components of passenger cars have been in production with no major modifications since the early 2000s. That suggests that a product's dependability can be evaluated comprehensively throughout the entire life cycle. But that can only be done by collecting and processing a significant amount of information on malfunctions obtained both during the warranty and post-warranty periods. The information is to come from various sources, i.e., operating companies, service depots, car repair plants that carry out overhauls. This most valuable information is to be accumulated and be digitalisable. This paper addresses a number of matters associated with the collection, validation, and recording of faults and failures of passenger car components. **Aim.** To examine the state-of-the-art systems that collect and process fault data in engineering companies and to suggest algorithmic and methodological solutions to improve the degree of automation of failure information processing. **Methods.** The paper uses methods of system analysis and software engineering. **Conclusions.** An algorithm for recording product failures according to incoming documents is proposed. Software solutions have been developed to automate the process of collecting and processing data on malfunctions of passenger car components. The authors examined a method of tracking the warranty fleet required for defining the total operating time as part of calculating the dependability indicators of passenger car components in operation. A failure code list was proposed that takes into account the specificity of the structural relationships between passenger car components.

Ключевые слова: отказы, безотказность, сбор и обработка данных, рекламационно-пре-тензионная работа, гарантийный парк, кодификатор.

Keywords: failures, reliability, data collection and processing, claim settlement, warranty fleet, code list.

Для цитирования: Белоусова М.В., Булатов В.В. Сбор и обработка информации о надежности на предприятиях вагоностроения // Надежность. 2025. №3. С. 12-20. <https://doi.org/10.21683/1729-2646-2025-25-3-12-20>

For citation: Belousova M.V., Bulatov V.V. Collecting and processing dependability-related information in car building companies. Dependability 2025;3: 12-20. <https://doi.org/10.21683/1729-2646-2025-25-3-12-20>

Поступила: 02.04.2025 / **После доработки:** 01.05.2025 / **К печати:** 25.07.2025

Received on: 02.04.2025 / **Revised on:** 01.05.2025 / **For printing:** 25.07.2025

Введение

На сегодняшний день актуальной задачей является обеспечение высокого уровня надежности подвижного состава. Эффективность перевозок пассажиров напрямую связана с оценкой показателей безотказности компонентов подвижного состава.

Для получения адекватных оценок показателей надежности компонентов подвижного состава требуется организовать процесс сбора и первичной обработки информации о неисправностях.

Рассмотрим основные этапы данного процесса более подробно.

1. Сбор данных о неисправностях

Для сбора данных об оборудовании в процессе эксплуатации на современных предприятиях применяются системы ТОиР (техническое обслуживание и ремонт).

Примерами ТОиР являются Windchill Quality Solutions и отечественная разработка 1С: ТОиР Управление ремонтами и обслуживанием оборудования.

В работах [1-3] подробно рассмотрены преимущества и недостатки подобного программного обеспечения.

Наряду с мощными программными пакетами может быть использован MS Excel [1], а также модернизация существующего программного комплекса [4].

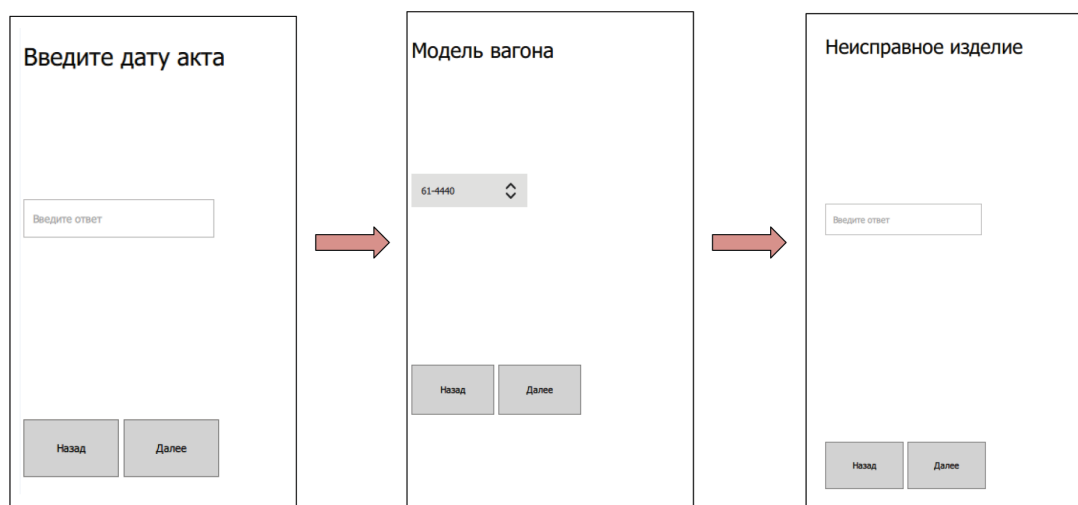


Рис. 1. Формы ввода данных акты выполненных работ для мобильного приложения

Отдельно хочется отметить разработки программного обеспечения для профильных отраслей промышленности. В [5, 6] представлено мобильное приложение для регистрации неисправностей компонентов пассажирского транспорта (рис. 1). Данная программа предназначена для применения в полевых условиях, когда требуется сформировать отчет о проведенной работе на месте ремонта за короткий промежуток времени.

В работе [7] представлена разработка стационарного программного комплекса для регистрации отказов службами качества предприятий (рис. 2). Программа разработана на базе открытой платформа Microsoft NET 6.0 в среде Visual Studio 2022.

2. Обработка данных рекламаций

Двумя основными источниками информации об эксплуатационной надежности являются рекламационный акт (рекламация) и акт выполненных работ.

Рекламация – письменное заявление потребителя установленной формы изготовителю (поставщику) на обнаруженные в период действия гарантийных обязательств дефекты и (или) несоответствие комплектности поставленных изделий требованиям технических условий (ТУ), а также требование о восстановлении комплектности или замене дефектных изделий¹.

В работе [1] представлен алгоритм работы службы качества предприятия-изготовителя продукции по входящим рекламациям.

Акт выполненных работ – документ, в котором фиксируется реальная неисправность объекта в подтверждение рекламационного акта, описываются выполненные работы по восстановлению объекта и фиксируется время восстановления.

¹ ГОСТ Р 55754-2013. Комплексная система контроля качества. Изделия электронной техники. Система взаимоотношений изготовителей и потребителей. Введен 2015-01-01. М.: Стандартинформ, 2016. 16 с.

Рис. 2. Интерфейс программы ввода данных о неисправностях на предприятии-изготовителе.



Рис. 3. Информация о надежности по данным из рекламации и акту выполненных работ.

Таким образом, эти два документа являются первоисточниками по средней наработке между отказами и среднему времени восстановления изделия. Все необходимые данные для учета неисправностей компонентов пассажирского транспорта представлены на схеме (рис. 3).

Чтобы принять решение о фактическом отказе, следует проводить анализ вышеуказанных документов. Рис. 4 представляет алгоритм обработки источников данных о неисправностях на примере отказов компонентов пассажирского транспорта.

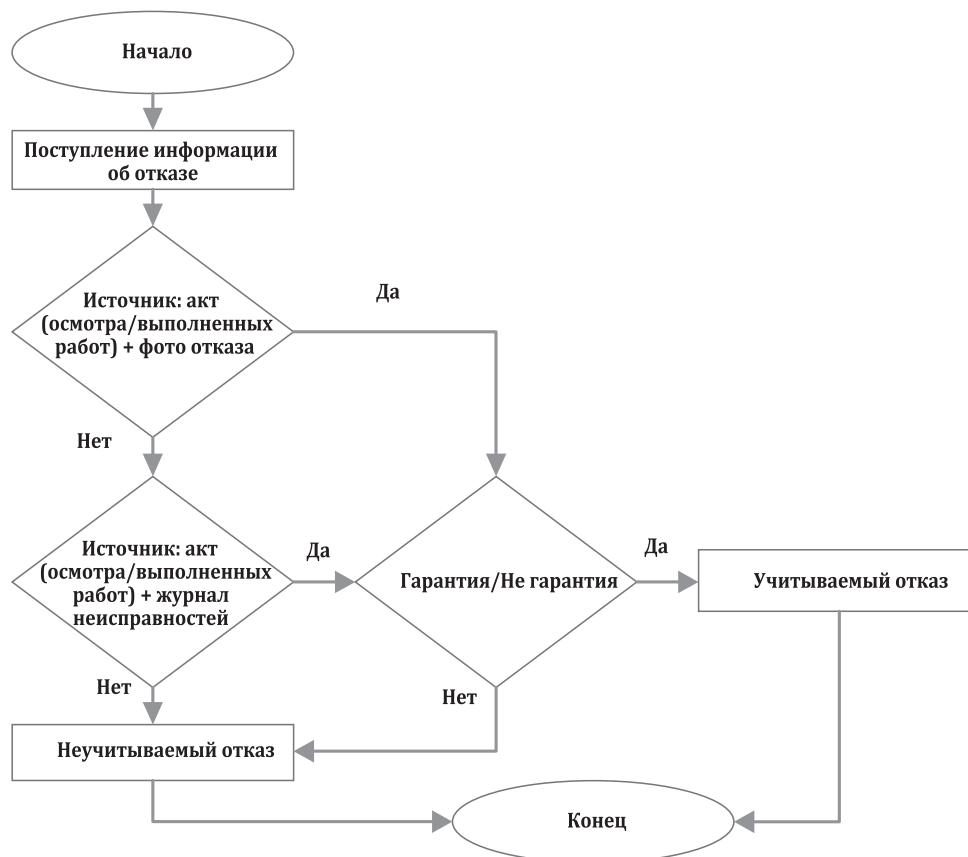


Рис. 4. Пример алгоритма учета отказа по входящим документам

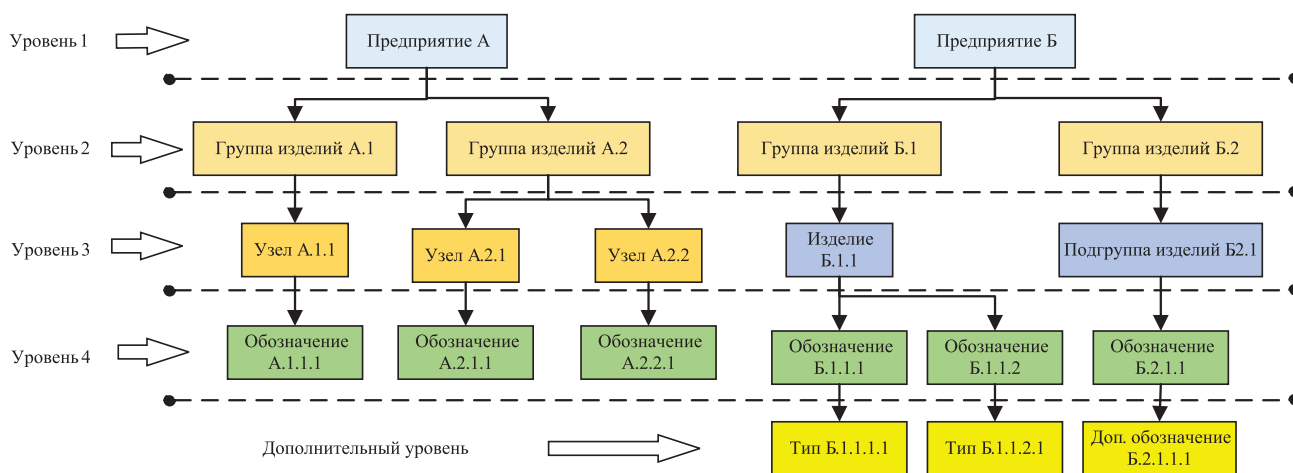


Рис. 5. Четырехуровневая модель обработки информации рекламационных актов

Специфика предприятий-изготовителей компонентов пассажирского транспорта заключается в том, что каталог продукции постоянно увеличивается: даже на базовых конструкциях изменяются массогабаритные характеристики, появляются новые исполнения. Иерархия может доходить до четырех уровней: Потребитель → Группа изделий → Изделие/Узел (рис. 5) [1].

Данная модель рекламационной работы и ее реализация на базе MS Excel подробно описана в [1].

Предприятию-изготовителю необходимо оптимизировать свои трудовые ресурсы для того, чтобы обеспечить процесс обработки, оценки и анализа заявленных претензий. В противном случае расчет параметров надежности не будет иметь смысла, а полученные значения будут далеки от действительности.

3. Кодификация отказов

Одной из основных задач кодификатора отказов является установление единых терминов, понятий, определений в области обслуживания и ремонта технических систем.

При внедрении автоматизированной системы сбора данных об отказах важной задачей является присвоение каждому признаку отказа определенного цифрового обозначения.

Можно выделить следующие основные требования, которые должны быть учтены при составлении кодификатора отказов:

- кодирование всей информации о возможной неисправности уникальным шифром;
- возможность внесения изменений в код при необходимости (его модификация);
- удобство ввода данных в базу неисправностей.

В качестве критериев оптимальности кодификатора отказов можно выделить следующие:

- краткость записи;
- отражение основных характеристик отказа;
- минимизация времени на обработку информации об отказе;
- возможность совершенствования записи без изменения ее базовой структуры.

Рассмотрим известные примеры кодификаторов отказов и выделим их основные характеристики.

Широкое применение кодификатор отказов нашел в автомобильной промышленности.

Одним из первых документов, регламентирующих систему сбора и обработки информации о надежности в автомобильной промышленности, является РТМ 37.031.004-78 «Единый классификатор неисправностей изделий автомобилестроения», разработанный НАМИ. В данном документе устанавливаются классы и коды признаков неисправностей. Основной принцип построения кода – метод порядковой регистрации. Код представляет из себя достаточно сложную цифровую комбинацию, которая включает:

- условия обнаружения (1 символ);
- место расположения (2 символа);
- характер неисправности (3 символа);
- элемент изделия (3 символа);
- причину неисправности (3 символа);
- категорию неисправности (1 символ);
- группу сложности неисправности (1 символ);
- выполненную работу (2 символа);
- характер установленного изделия (1 символ);
- завод, страна-изготовитель (2 символа).

В настоящее время для идентификации отказов в автомобилестроении нашла широкое применение система OBD (от англ. «on-board diagnostic»).

По сути OBD-2 – это технология выявления неисправности автомобиля или его отдельного блока с помощью диагностирующего устройства. Система считывает и накапливает необходимую информацию о работе всех автомобильных систем¹. Пример кода с расшифровкой представлен на рис. 6.

Еще одним документом, описывающим кодификатор отказов, является РД 39-139-95 «Инструкция по расследованию и учету нарушений в работе объектов энергетического хозяйства предприятий и организаций нефтяной промышленности».

¹ Что такое OBD II? <https://www.autoscaners.ru/articles/what-is-obd-ii/>

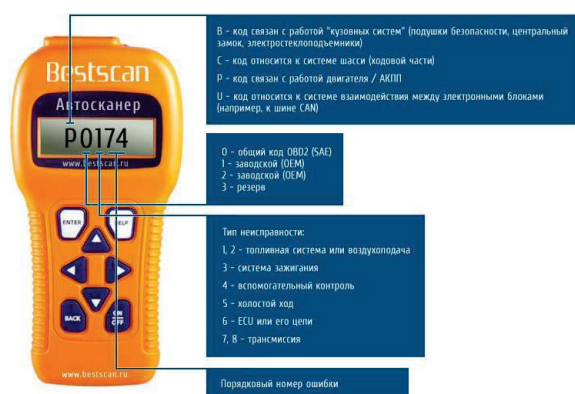


Рис. 6. Система OBD-2

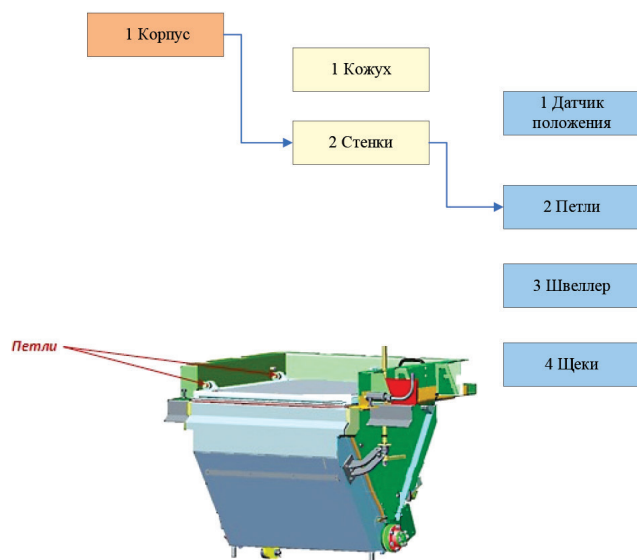
Кодификатор является цифровым и содержит следующие классификаторы:

- классификатор электроустановок, где произошел отказ;
- классификатор элемента оборудования/сооружения;
- классификатор напряжений;
- классификатор характера отказа;
- классификатор отказавших узлов оборудования/сооружения;
- классификатор причины возникновения отказа;
- классификатор по вине персонала;

Все коды каждого классификатора являются двух-символьными.

В вагоностроении в 1986 году был разработан РТМ № 72-ЦЛЭ «Нормируемые показатели надежности пассажирских вагонов локомотивной тяги», который также включал классификатор неисправностей. Классификатор был составлен по принципу влияния отказавшего элемента на высшую сборочную единицу: элемент – узел – агрегат – система – вагон. Также учитывалось то, что элемент мог быть заменен или отремонтирован.

Еще одним примером является перечень неисправностей грузовых вагонов согласно РД 32 ЦВ 094-2010.



Неисправность описывается трехзначным цифровым кодом (например, 553 – Повреждение (обрыв) лестниц, поручней, подножек). Помимо этого, представлен перечень основных типов ремонтных работ. Он представляет из себя пятизначный цифровой код, где цифры разделены точками согласно основным узлам конструкции грузовых вагонов (например, 5.1.2.12 – ремонт сварной планки с отверстиями для открытия двери).

Рассмотрим модель кодификатора отказов компонентов пассажирского вагона на примере подножки ФКГП 280.00.00.000. Поворотная подножка предназначена для удобного и безопасного прохода пассажиров, возможности посадки в вагон с земли и с высоких, и низких платформ [8]. Поворотные подножки устанавливаются на модели вагонов 61-4458, 61-4440, 61-4447 и др.

Для кодификации отказов подножек предлагается использовать буквенно-численный кодификатор, который будет включать:

1. Наименование изделия (код буквенный – сокращение от английского наименования изделия).
2. Шифр согласно конструкторской документации (код трехсимвольных числовой).
3. Причина отказа (код числовой).
4. Отказавший элемент (код трехсимвольный числовой).
5. Описание отказа (код двухсимвольный числовой).

Выделим основные причины отказа и пронумеруем их в следующем порядке:

- 1 – нарушение руководства по эксплуатации обслуживающим персоналом;
- 2 – внешние воздействующие факторы, непредусмотренные техническими условиями;
- 3 – конструкция;
- 4 – монтаж;
- 5 – зависимый отказ (следствие другого отказа).

Пример кода неисправности представлен на рис. 7. Здесь отказавший элемент – это петли корпуса поворотной подножки.



Рис. 7. Кодификация неисправности на примере поворотной подножки

4. Гарантийный парк

Для проведения оценки показателей надежности изделий в эксплуатации в гарантийный период необходимо знать точное количество изделий, которые находятся на гарантийном обслуживании. Это особенно важно при производстве большой номенклатуры изделий с разными гарантийными обязательствами.

На первом этапе требуется определить количество выпущенной продукции за конкретный период Δt . Алгоритм расчета гарантийного парка заключается в следующем соотношении:

$$N_i(t + \Delta t) = N_i(t) + N_i(\Delta t) - N_i(\Delta t, g_i), \quad (1)$$

где $N_i(t)$ – количество i -го типа изделий на гарантии к моменту времени t ;

$N_i(\Delta t)$ – количество i -го типа изделий, выпущенных за время Δt ;

$N_i(\Delta t, g_i)$ – количество i -го типа изделий, выпущенных за тот же промежуток Δt , начало которого отстоит от $N_i(t)$ на величину гарантийного срока g_i изделия i .

Оценки средней наработки между отказами необходимо производить для каждого изделия $i, i = 1, 3$ для 4-х временных интервалов:

- прошедший промежуток Δt текущего года j ;
- тот же промежуток Δt предшествующего года $j - 1$;
- промежуток от начала исчисления t_0 до момента времени $t + \Delta t$ текущего года j ;
- промежуток от начала исчисления t_0 до момента времени $t + \Delta t$ предшествующего года $j - 1$.

Рассмотрим процесс оценки показателей безотказности с учетом четырех временных интервалов на примере автоматических дверей пассажирских вагонов локомотивной тяги. Для каждого из интервалов времени требуется:

- определение количества отказов;
- определение гарантийного парка (ГП);
- определение времени наработки;
- нахождение точечных оценок;
- нахождение интервальных оценок;
- сравнение полученных интервальных оценок показателей безотказности с нормируемыми.

1) Обозначим количество отказов следующим образом – 4 значения для изделия $i, i = 1, 3$:

$f_{i,j-1}(\Delta t)$ – количество отказов за промежуток Δt предыдущего года $j - 1$;

$f_{i,j}(\Delta t)$ – количество отказов за промежуток Δt текущего года j ;

$f_{i,j-1}(t + \Delta t, t_0)$ – количество отказов с момента t_0 к моменту времени $t + \Delta t$ предыдущего года $j - 1$;

$f_{i,j}(t + \Delta t, t_0)$ – количество отказов с момента t_0 к моменту времени $t + \Delta t$ текущего года j .

2) Определим значения ГП по (1). Для этого требуется по два значения для каждого изделия $i, i = 1, 3$:

$N_{i,j-1}(t + \Delta t)$ – ГП на конец того же отчетного периода Δt предыдущего года $j - 1$;

$N_{i,j}(t + \Delta t)$ – ГП на конец отчетного периода текущего года j (заметим, что $N_{i,j-1}(t + \Delta t) = N_{i,j-1}(t + \Delta t, t_0)$ и $N_{i,j}(t + \Delta t) = N_{i,j}(t + \Delta t, t_0)$).

3) В соответствии с тем, что расчет осуществляется для 4-х промежутков времени, в качестве исходных данных также необходимы значения 4-х наработок, выраженных в сутках:

$T_{j-1}(\Delta t)$ – наработка за промежуток Δt предыдущего года $j - 1$;

$T_j(\Delta t)$ – наработка за тот же промежуток Δt текущего года j ;

$T_{j-1}(t + \Delta t, t_0)$ – наработка на момент времени $t + \Delta t$, исчисление которой началось в момент времени t_0 предыдущего года $j - 1$;

$T_j(t + \Delta t, t_0)$ – наработка на момент времени $t + \Delta t$, исчисление которой началось в момент времени t_0 текущего года j .

Данные значения наработок будут одними из исходных данных для вычисления точечных оценок средней наработки между отказами.

Так как все $i, i = 1, 3$, изделий, для которых производится расчет, являются сложными и включают в себя большую группу различных элементов, в рассматриваемой методике принято допущение об аппроксимации распределения значений параметров «наработка на отказ» экспоненциальным распределением.

В соответствии с рекомендациями методических указаний РД 50-690-89 принимается план испытаний [NMT_Σ] для оценки средней наработки на отказ.

Вследствие предположения об экспоненциальном законе распределения, точечные оценки средней наработки на отказ i -го изделия, $i = 1, 3$, в соответствии с исходными данными, указанными в пунктах 1)-3) вычисляются по формулам:

$$T_{i,j-1}^0(\Delta t) = \frac{T_{j-1}(\Delta t) \cdot N_{i,j-1}(t + \Delta t) \cdot t_i^{\text{сут}}}{f_{i,j-1}(\Delta t)}, \quad (2)$$

$$T_{i,j}^0(\Delta t) = \frac{T_j(\Delta t) \cdot N_{i,j}(t + \Delta t) \cdot t_i^{\text{сут}}}{f_{i,j}(\Delta t)}, \quad (3)$$

$$T_{i,j-1}^0(t + \Delta t, t_0) = \frac{T_{j-1}(t + \Delta t, t_0) \cdot N_{i,j-1}(t + \Delta t) \cdot t_i^{\text{сут}}}{f_{i,j-1}(t + \Delta t, t_0)}, \quad (4)$$

$$T_{i,j}^0(t + \Delta t, t_0) = \frac{T_j(t + \Delta t, t_0) \cdot N_{i,j}(t + \Delta t) \cdot t_i^{\text{сут}}}{f_{i,j}(t + \Delta t, t_0)}, \quad (5)$$

где $t_i^{\text{сут}}$ – среднесуточный пробег вагона, на котором установлено i -е изделие, $i = 1, 3$, км/сутки.

По найденным точечным оценкам (2)–(5) и значениям количества отказов в различные промежутки времени из пункта 1), находим величины нижних доверительных границ (так как средняя наработка на отказ – позитивный показатель надежности) уровня доверия $q = 0,9$:

$$T_{i,j-1}^{0H}(\Delta t) = T_{i,j-1}^0(\Delta t) \cdot \frac{2 \cdot f_{i,j-1}(\Delta t)}{\chi_q^2(2 \cdot f_{i,j-1}(\Delta t) + 2)}, \quad (6)$$

$$T_{i,j}^{0H}(\Delta t) = T_{i,j}^0(\Delta t) \cdot \frac{2 \cdot f_{i,j}(\Delta t)}{\chi_q^2(2 \cdot f_{i,j}(\Delta t) + 2)}, \quad (7)$$

$$T_{i,j-1}^{0H}(t + \Delta t, t_0) = T_{i,j-1}^0(t + \Delta t, t_0) \cdot \frac{2 \cdot f_{i,j-1}(t + \Delta t, t_0)}{\chi_q^2(2 \cdot f_{i,j-1}(t + \Delta t, t_0) + 2)}, \quad (8)$$

$$T_{i,j}^{0H}(t + \Delta t, t_0) = T_{i,j}^0(t + \Delta t, t_0) \cdot \frac{2 \cdot f_{i,j}(t + \Delta t, t_0)}{\chi_q^2(2 \cdot f_{i,j}(t + \Delta t, t_0) + 2)}, \quad (9)$$

где $\chi_q^2(\cdot)$ – квантили распределения χ^2 с уровнем доверия $q = 0,9$.

На последнем этапе полученные в соответствии с (6)–(9) значения нижних доверительных границ средних наработок на отказ сравниваются с нормируемыми показателями надежности $T_i^{\text{ТУ}}$ для каждого изделия $i, i = 1, 3$ и делаются выводы о соответствии/несоответствии фактических показателей надежности требованиям технической документации.

Заключение

В статье представлены особенности и методы анализа на этапах сбора, обработки и анализа статистических данных об отказах в процессе эксплуатации, рассмотрен алгоритм учета отказов изделий по входящим документам на примере предприятия-поставщика компонентов подвижного состава для вагоностроительных заводов, проведен обзор известных кодификаторов отказов и предложен вариант кодификатора, учитывающий особенности структурной взаимосвязи компонентов пассажирских вагонов, а также представлена методика учета и ведения гарантийного парка для последующего формирования суммарной наработки, учет которой необходим в процессе расчета показателей надежности изделий в процессе эксплуатации.

Каждый из рассмотренных в данной работе этапов является важным для всего цикла анализа и управления надежностью. Помимо этого, все рассмотренные темы неразрывно связаны между собой и являются последовательными в процессе анализа. Качественный сбор данных об отказах позволяет обеспечить полноту выборки эксплуатационной информации, необходимой для всех инструментов, применяемых в теории надежности. Этап обработки полученных данных позволяет классифицировать информацию, очистить данные в зависимости от специфики и целей дальнейшего анализа. Учет гарантийного парка необходим для корректного определения суммарной наработки для различных временных интервалов, что является важным шагом перед количественной оценкой показателей надежности. Все аспекты реализации и прикладные инструменты, необходимые для проведения данных этапов, приведены в данной работе по результатам анализа и решения актуальных прикладных задач надежности на предприятиях-производителях.

Список литературы

1. Белоусова М.В., Булатов В.В. Автоматизированная система ввода данных о выполненных работах по гарантийным обязательствам // В сборнике: Завалишинские чтения 19. XIV Международная конференция по электромеханике и робототехнике. Санкт-Петербург, (17–20 апреля 2019 года). 2019. С. 135–140.
2. Жаднов В.В., Кулыгин В.Н., Куриленков А.Н. Интеграция программы Windchill Prediction и системы расчета надежности электронных модулей АСОНИКА-К-СЧ // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. 2016. № 19. С. 207–212.
3. Сопин А.Э. Обзор систем управления основными фондами промышленных предприятий для технического обслуживания и ремонта // Решетневские чтения. 2018. Т. 2. С. 304–305.
4. Булатов В.В. Особенности учета отказов технических систем в 1С: ТОИР // В сборнике: Завалишинские чтения 21. XVI Международная конференция по электромеханике и робототехнике. Санкт-Петербург, (15–18 апреля 2021 года). 2021. С. 193–197.
5. Булатов В.В., Назаренко Ф.А., Белоусова М.В. Автоматизированная система ввода данных о выполненных работах по гарантийным обязательствам // В сборнике: Завалишинские чтения 20. XV Международная конференция по электромеханике и робототехнике. Санкт-Петербург, (15–18 апреля 2020 года). 2020. С. 186–188.
6. Булатов В.В., Назаренко Ф.А., Солёный С.В. и др. Программа ввода данных о выполненных работах по гарантийным обязательствам. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020611673, 06.02.2020. Заявка № 2020610856 от 31.01.2020.
7. Булатов В.В., Владимиров Р.А. Система сбора данных о неисправностях технических систем // В сборнике: Завалишинские чтения 23. Сборник докладов XVIII Международной конференции по электромеханике и робототехнике Санкт-Петербург, (18–19 апреля 2023 года). Санкт-Петербург, 2023. С. 190–193.
8. Белоусова М.В., Булатов В.В. Оценка средней наработки до отказа поворотных подножек по данным эксплуатации // Вестник Научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. 2019. Т. 78. № 1. С. 54–58. DOI: 10.21780/2223-9731-2019-78-1-54-58

References

1. Belousova M.V., Bulatov V.V. [Automated data entry system of the work performed under warranty]. In: XIV International Electromechanics and Robotics Conference Zavalishin Readings 19. April 17–20, 2019. Pp. 135–140. (in Russ.)
2. Zhadnov V.V., Kulygin V.N., Kurilenkov A.N. [Integration of Windchill Prediction and the ASONIKA-K-SCh electronic module dependability calculation system]. *Novye informatsionnye tekhnologii v avtomatizirovannykh sistemakh* 2016;19:207–212. (in Russ.)

3. Sopin A.E. [A review of fixed assets management systems for maintenance and repair in industrial companies]. *Reshetnev Readings* 2018;2:304-305. (in Russ.)

4. Bulatov V.V. [Specificity of technical failure recording in 1C: TOIR]. In: XVI International Electromechanics and Robotics Conference Zavalishin Readings 21. April 15-18, 2021. Pp. 193-197. (in Russ.)

5. Bulatov V.V., Nazarenko F.A., Belousova M.V. [Automated system for entering data on delivered warranty activities]. In: Proceedings of the XV International Electromechanics and Robotics Conference Zavalishin Readings 20. April 15-18, 2020. Pp. 186-188. (in Russ.)

6. Bulatov V.V., Nazarenko F.A., Soleny S.V. et al. [A program for entering data on delivered warranty activities]. Certificate of software registration RU 2020611673, 02.06.2020. Application No. 2020610856 dated 31.01.2020.

7. Bulatov V.V., Vladimirov R.A. [System for collecting data on malfunctions of technological systems]. In: Proceedings of the XVIII International Electromechanics and Robotics Conference Zavalishin Readings 23. April 18-19, 2023. Pp. 190-193. (in Russ.)

8. Belousova M.V., Bulatov V.V. Estimation of the average time to failure of the turning steps according to the operation data. *RUSSIAN RAILWAY SCIENCE JOURNAL* 2019;78(1):54-58. (in Russ.) <https://doi.org/10.21780/2223-9731-2019-78-1-54-58>.

Сведения об авторах

Мария В. Белоусова, кандидат физико-математических наук, старший аналитик данных, ООО «ПРОЦифру», Российская Федерация, Санкт-Петербург, e-mail: 27bmw1993@mail.ru

Виталий В. Булатов, кандидат технических наук, доцент кафедры электромеханики и робототехники, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, Российская Федерация, Санкт-Петербург, e-mail: bulatov-vitaly@yandex.ru

About the authors

Maria V. Belousova, Candidate of Physics and Mathematics, Senior Data Analyst, ООО PROTsifru, Russian Federation, Saint Petersburg, e-mail: 27bmw1993@mail.ru

Vitaly V. Bulatov, Candidate of Engineering, Senior Lecturer in Electromechanics and Robotics, Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Russian Federation, Saint Petersburg, e-mail: bulatov-vitaly@yandex.ru

Вклад авторов в статью

Белоусова М.В. Разработала методику учета гарантийного парка для компонентов пассажирских вагонов, провела анализ существующих кодификаторов отказов и предложила модель кодификатора отказов для компонентов подвижного состава.

Булатов В.В. Разработал алгоритм учета отказов компонентов пассажирских вагонов, осуществил обзор существующих программных решений для учета отказов и существующих методов кодификации отказов.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.