

Надежность и функциональная безопасность как основные составляющие качества пассажирских вагонов

С. В. ПЕТРОВ¹, Г. В. РАЙКОВ¹, Ю. В. КОРНЕВ², Н. Б. КАРАВАНОВА¹

¹ Акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), Москва, 129626, Россия

² Акционерное общество «Федеральная пассажирская компания» (АО «ФПК»), Москва, 107078, Россия

Аннотация. Приведены основные методические положения по определению показателей надежности и функциональной безопасности пассажирских вагонов локомотивной тяги. Указана сфера практического применения данных показателей с целью создания благоприятных условий для эффективного взаимодействия между производителем и заказчиком в области качества поставляемых в эксплуатацию вагонов с учетом интересов других участников перевозочного процесса: пассажиров, органов государственного надзора, владельца инфраструктуры, перевозчика.

Ключевые слова: пассажирские вагоны; качество; надежность; безопасность; готовность

Введение. В соответствии с пунктом 2.2 ГОСТ Р ИСО 9000–2015 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь»: «Качество продукции и услуг организации определяется способностью удовлетворять потребителей и преднамеренным или непреднамеренным влиянием на соответствующие заинтересованные стороны». В работах [1, 2, 3] уточняется, что согласно стандартам ИСО серии 9000 ракурс рассмотрения понятия «качество» включает не только учет удовлетворенности потребителей, но и всех заинтересованных сторон. Таким образом, рассматривая качество пассажирских вагонов, поставляемых в эксплуатацию, необходимо учитывать интересы и решаемые задачи следующих ключевых сторон, в том числе:

- конечных пользователей услугами перевозок в лице пассажиров;
- заказчика в лице собственника вагонов;
- перевозчика пассажиров;
- владельца инфраструктуры железнодорожного транспорта;
- поставщика в лице производителя новых вагонов;
- органов государственного надзора в области железнодорожного транспорта.

Качество пассажирских вагонов является комплексным (обобщающим) свойством, зависящим от ряда частных составляющих свойств, важнейшими из которых являются надежность и функциональная

безопасность вагонов [4]. Рассматривая качество через призму надежности и функциональной безопасности пассажирских вагонов, следует отметить, что удовлетворенность вышеприведенных заинтересованных сторон напрямую или косвенно может быть достигнута в случае, когда выполняются требования, объективно установленные на приемлемом для всех сторон уровне, к числовым значениям соответствующих показателей надежности и функциональной безопасности вагонов.

Нормированные значения вышеотмеченных показателей должны устанавливаться исходя из принципа разумной достаточности, т. е. исходя из достигнутого в настоящее время уровня надежности и функциональной безопасности вагонов-аналогов, принимаемого как базового с постепенным его повышением, учитывая современные технико-технологические возможности производителей пассажирских вагонов. Согласно действующим стандартам в области менеджмента рисков, в том числе отраслевым [5] и корпоративным [6], одним из способов объективного установления нормированных значений показателей функциональной безопасности объектов (в данном случае пассажирских вагонов) через приемлемый уровень риска является принцип разумной достаточности — ALARP. Аббревиатура «ALARP» расшифровывается как «As Low As Reasonably Practicable», что в переводе с английского означает «Риск настолько низок, насколько это достижимо на практике», являясь при этом и принципом принятия допустимого риска [7, 8].

Следует отметить, что реализация принципов разумной достаточности при установлении нормированных значений упомянутых показателей должна осуществляться в рамках совместного взаимодействия поставщика и заказчика вагонов. В этом случае заказчик, с одной стороны, отталкиваясь от достигнутого (базового) уровня показателей вагонов-аналогов, заинтересован в установлении лучших (перспективных) значений показателей, в то время как производитель, с другой стороны, имеет ряд технико-технологических ограничений по их обеспечению, связанных с необхо-

димостью совершенствования конструкции и технологии изготовления вагонов. При отсутствии особых требований в части надежности и безопасности вагонов со стороны органов государственного надзора и владельца инфраструктуры, соблюдая требования стандартов, в результате совместного взаимодействия заказчика и поставщика устанавливается баланс интересов с учетом достигнутого и перспективного уровня надежности и безопасности вагонов, что должно отражаться в контрактах на их поставку.

В последнее время наблюдаются повышенные темпы создания и внедрения широкой номенклатуры высокотехнологичных моделей пассажирских вагонов, включая двухэтажные, сопровождаемые расширением числа внутренних систем и возрастанием сложности конструкций [9, 10, 11, 12]. В этой связи задача установления современных требований к надежности и функциональной безопасности пассажирских вагонов принимает особую актуальность. С этой целью перед АО «ВНИИЖТ» по заказу АО «Федеральная пассажирская компания» была поставлена задача по пересмотру и актуализации руководящего технического материала «Нормируемые показатели надежности пассажирских вагонов локомотивной тяги» РТМ № 11.02.01-25/ВНИИЖТ-ТВЗ-06 (далее — РТМ) [13]. В рамках работы по переработке РТМ были поставлены и решены следующие задачи:

1. Расширена номенклатура приведенных в документе показателей с учетом современной потребности в них.
2. Актуализированы методы оценки ранее приведенных в документе показателей надежности и разработаны методические положения по оценке вновь введенных показателей.
3. Определен достигнутый уровень надежности и функциональной безопасности пассажирских вагонов.
4. Установлены нормированные значения показателей надежности и функциональной безопасности вагонов с учетом достигнутого уровня на основе принципа разумной достаточности.

Номенклатура показателей новой редакции РТМ включает показатели надежности по ГОСТ 27.002–2015 [14] и ГОСТ 32192–2013 [15], в том числе безотказности, долговечности, ремонтпригодности и комплексные показатели, а также показатель функциональной безопасности по ГОСТ Р 54504–2011 [5]. В табл. 1 приведен полный перечень используемых показателей и критерии оценки их соответствия заданным требованиям.

Рассмотрим порядок расчета точечных оценок отдельных показателей для вагонов в сборе.

Показатели безотказности. 1. Средняя наработка до отказа вагона определяется по формуле

$$\hat{X}_{\text{до}} = \frac{\sum_{i=1}^k x_i^{\text{до}} + \sum_{j=1}^m x_j^{\text{т}} + \sum_{l=1}^d x_l^{\text{opr}}}{k}, \text{ тыс. км}, \quad (1)$$

где $x_i^{\text{до}}$ — наработка i -го отказавшего вагона до первого отказа в период испытаний, тыс. км; k — общее число первых отказов однородной группы вагонов, ед.; $x_j^{\text{т}}$ — наработка j -го безотказно проработавшего вагона до момента окончания испытаний (T), тыс. км; m — число безотказно проработавших вагонов до момента окончания испытаний; x_l^{opr} — наработка l -го вагона до момента снятия с испытаний по организационным причинам, тыс. км; d — число снятых с испытаний вагонов по организационным или иным объективным причинам. Во избежание потери приемлемой точности и достоверности оценки показателей надежности значение d допускается не более 5 % от общего числа испытываемых вагонов.

Под однородной группой вагонов понимается совокупность вагонов, изготовленных по единому комплексу конструкторской и технологической документации конкретного разработчика (изготовителя) в течение заданного периода времени, например одного календарного года.

2. Средняя наработка на отказ вагона определяется по формуле

$$\hat{X}_{\text{но}} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{r}, \text{ тыс. км}, \quad (2)$$

где x_i — общая наработка i -го вагона в период испытаний, тыс. км; r — общее число отказов рассматриваемой однородной группы вагонов; n — общее число вагонов рассматриваемой однородной группы.

Показатель долговечности. Средний срок службы вагона определяется по формуле

$$\hat{T}_{\text{сл}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{\text{сл } i}, \text{ г}, \quad (3)$$

где $T_{\text{сл } i}$ — фактический срок службы до списания i -го вагона, г.

Показатели ремонтпригодности. 1. Среднее время до восстановления вагона определяется по формуле

$$\hat{T}_{\text{в}} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{r_i} t_{\text{в } ij}}{\sum_{i=1}^n r_i}, \text{ ч}, \quad (4)$$

где $t_{\text{в } ij}$ — время до восстановления работоспособности i -го вагона после j -го отказа согласно рис. 1, ч; r_i — общее число отказов i -го вагона рассматриваемой однородной группы за период испытаний.

Таблица 1

Критерии оценки соответствия показателей надежности и функциональной безопасности пассажирских вагонов заданным требованиям

Table 1

Criteria for assessing the compliance of reliability indicators and functional safety of passenger cars with specified requirements

№ п/п	Наименование показателя	Условное обозначение показателя		Критерий оценки соответствия
		Фактическое обозначение	Нормативное значение	
1. Показатели безотказности				
1.1	Средняя наработка вагона до отказа	$\hat{X}_{\text{до}}$	$[X_{\text{до}}]$	$\hat{X}_{\text{до}} \geq [X_{\text{до}}]$
1.2	Средняя наработка вагона на отказ	$\hat{X}_{\text{но}}$	$[X_{\text{но}}]$	$\hat{X}_{\text{но}} \geq [X_{\text{но}}]$
1.3	Средняя наработка вагонного оборудования на отказ	$\hat{X}_{\text{но}}^{\text{об}}$	$[X_{\text{но}}^{\text{об}}]$	$\hat{X}_{\text{но}}^{\text{об}} \geq [X_{\text{но}}^{\text{об}}]$
2. Показатели долговечности				
2.1	Средний срок службы вагона	$\hat{T}_{\text{сл}}$	$[T_{\text{сл}}]$	$\hat{T}_{\text{сл}} \geq [T_{\text{сл}}]$
2.2	Средний срок службы вагонного оборудования	$\hat{T}_{\text{сл}}^{\text{об}}$	$[T_{\text{сл}}^{\text{об}}]$	$\hat{T}_{\text{сл}}^{\text{об}} \geq [T_{\text{сл}}^{\text{об}}]$
3. Показатели ремонтпригодности				
3.1	Среднее время восстановления вагона	$\hat{T}_{\text{в}}$	$[T_{\text{в}}]$	$\hat{T}_{\text{в}} \leq [T_{\text{в}}]$
3.2	Среднее время восстановления вагонного оборудования	$\hat{T}_{\text{в}}^{\text{об}}$	$[T_{\text{в}}^{\text{об}}]$	$\hat{T}_{\text{в}}^{\text{об}} \leq [T_{\text{в}}^{\text{об}}]$
3.3	Средняя продолжительность ТО-3	$\hat{T}_{\text{ТО-3}}$	$[T_{\text{ТО-3}}]$	$\hat{T}_{\text{ТО-3}} \leq [T_{\text{ТО-3}}]$
4. Комплексные показатели надежности				
4.1	Коэффициент готовности	$\hat{K}_{\text{г}}$	$[K_{\text{г}}]$	$\hat{K}_{\text{г}} \geq [K_{\text{г}}]$
4.2	Коэффициент технической готовности	$\hat{K}_{\text{тг}}$	$[K_{\text{тг}}]$	$\hat{K}_{\text{тг}} \geq [K_{\text{тг}}]$
5. Показатель функциональной безопасности				
5.1	Интенсивность опасных отказов	$\hat{\lambda}$	$[\lambda]$	$\hat{\lambda} \leq [\lambda]$

2. Средняя продолжительность ТО-3 рассчитывается по формуле

$$\hat{T}_{ТО-3} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} t_{ТО-3\ ij}}{\sum_{i=1}^n n_i}, \quad \text{ч}, \quad (5)$$

где $t_{ТО-3\ ij}$ — продолжительность j -го по счету планового ТО-3 i -го вагона, включающая интервалы времени согласно рис. 1, ч; n_i — число ТО-3, проведенных i -му вагону в течение испытаний.

В работе [16] приведены основные положения по проведению испытаний грузовых вагонов на ремонтпригодность с применением хронометража операций по их техническому обслуживанию и ремонту. В методологическом аспекте данные положения можно использовать для проведения испытаний пассажирских вагонов с обеспечением результатов с заданной точностью и достоверностью.

Комплексные показатели надежности. 1. Коэффициент готовности пассажирских вагонов определяется по формуле

$$\hat{K}_г = \frac{\sum_{i=1}^n t_{п\ i}}{\sum_{i=1}^n t_{п\ i} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{r_i} t_{в\ ij}} 100 \%, \quad (6)$$

где $t_{п\ i}$ — общее время нахождения i -го вагона в работоспособном состоянии в установленном периоде испытаний, ч (см. рис. 2).

Согласно рис. 1 $t_{в\ ij}$ включает следующие временные составляющие:

$$t_{в\ ij} = t_{лог\ ij}^в + t_{опер\ ij}^в + t_{адм\ ij}^в, \quad \text{ч}, \quad (7)$$

где $t_{лог\ ij}^в$ — время логистической задержки, возникающей вследствие необеспеченности ресурсами, необходимыми для проведения непланового ремонта



Рис. 1. Составляющие продолжительности технического содержания по ГОСТ 32192–2013 [15]

Fig. 1. Components of the duration of technical content in accordance with GOST 32192–2013 [15]

i -го вагона после j -го отказа или необходимости его передислокации к месту проведения непланового ремонта, ч; $t_{\text{опер } ij}^B$ — оперативная продолжительность непланового ремонта i -го вагона после j -го отказа, ч; $t_{\text{адм } ij}^B$ — время административной задержки после j -го отказа i -го вагона, ч.

2. Коэффициент технической готовности пассажирских вагонов определяется по формуле

$$\hat{K}_{\text{тр}} = \sum_{i=1}^n t_{\text{р } i} / \left(\sum_{i=1}^n t_{\text{р } i} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{r_i} t_{\text{в } ij} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{n_i} t_{\text{ТО-3 } ij} + \sum_{i=1}^n t_{\text{пр } i} \right) 100 \%, \quad (8)$$

где $t_{\text{пр } i}$ — продолжительность планового вида ремонта i -го вагона, проведенного в завершение периода испытаний, ч (см. рис. 3).

В соответствии с рис. 1 $t_{\text{ТО-3 } ij}$ определяется как

$$t_{\text{ТО-3 } ij} = t_{\text{лог } ij}^{\text{ТО-3}} + t_{\text{опер } ij}^{\text{ТО-3}}, \quad (9)$$

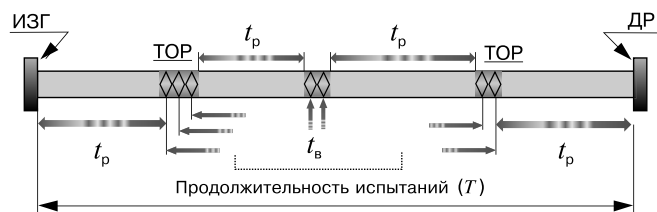


Рис. 2. Схема к определению коэффициента готовности (K_r): ИЗГ — изготовление вагонов; ДР — депо-ремонт вагонов; ТОР — текущий отцепочный ремонт вагонов; t_p — интервалы времени работоспособного состояния вагонов; t_v — интервалы времени восстановления работоспособности вагонов; T — продолжительность испытаний

Fig. 2. Scheme for determining the readiness factor (K_r):

ИЗГ — manufacture of cars; ДР — depot repair of cars; ТОР — current uncoupled repair of cars; t_p — intervals of the working state of cars; t_v — intervals of restoration time of working capacity of cars; T — duration of tests

где $t_{\text{лог } ij}^{\text{ТО-3}}$ — время логистической задержки, возникающей вследствие необеспеченности ресурсами, необходимыми для проведения j -го ТО-3 или необходимости передислокации i -го вагона к месту проведения j -го ТО-3, ч; $t_{\text{опер } ij}^{\text{ТО-3}}$ — оперативная продолжительность j -го по счету планового ТО-3 i -го вагона, ч.

В свою очередь, $t_{\text{пр } i}$ определяется как

$$t_{\text{пр } i} = t_{\text{лог } i}^{\text{пр}} + t_{\text{опер } i}^{\text{пр}}, \quad (10)$$

где $t_{\text{лог } i}^{\text{пр}}$ — время логистической задержки, возникающей вследствие необеспеченности ресурсами, необходимыми для проведения соответствующего вида планового ремонта i -го вагона или необходимости передислокации его к месту проведения данного вида планового ремонта, ч; $t_{\text{опер } i}^{\text{пр}}$ — оперативная продолжительность соответствующего вида планового ремонта i -го вагона, ч.

Показатель функциональной безопасности. Интенсивность опасных отказов определяется по формуле

$$\hat{\lambda} = \frac{r_{\text{оп}}}{\sum_{i=1}^n x_i}, \quad \Gamma^{-1}, \quad (11)$$

где $r_{\text{оп}}$ — общее число зарегистрированных опасных отказов, приводящих к нарушениям безопасности движения в соответствии с Единым классификатором нарушений безопасности движения на железнодорожном транспорте для использования в международном сообщении государств — участников Содружества, утвержденным Советом по железнодорожному транспорту государств — участников Содружества (протокол от 21–22 октября 2014 г. № 61) (далее — Единый классификатор). Перечень основных нарушений безопасности движения поездов, связанных с эксплуатацией пассажирских вагонов, приведен в табл. 2; x_i — общая наработка i -го вагона в период испытаний, г.

Учитывая, что возникновение нарушения безопасности движения поездов вследствие отказа пассажирского вагона является редким событием, оценка данного показателя должна осуществляться при достаточном насыщении парка серийно выпускаемыми пассажирскими вагонами рассматриваемого типа или модели (не менее 1500 ед.).

Планирование испытаний на надежность в целом предусматривает определение необходимого числа объектов испытаний (вагонов) N , продолжительности их испытаний T и порядка действий в случае их отказов:

- восстановление работоспособности объекта и продолжение испытаний (обозначается буквой «М») или его исключение из испытаний (обозначается буквой «У»);

Планы испытаний на надежность и их параметры (N и T) согласно РТМ обеспечивают получение оценок показателей с приемлемой точностью и достоверностью. При этом допустимые значения относительной ошибки (ε) и доверительной вероятности (q) установлены на уровне:

- для опытной партии вагонов — $\varepsilon = 0,20$ и $q = 0,80$;
- для установочной серии вагонов — $\varepsilon = 0,15$ и $q = 0,90$;
- для вагонов серийного производства — $\varepsilon = 0,10$ и $q = 0,90$.

Критерии отказов и предельных состояний. При оценке показателей безотказности и ремонтпригодности критерием отказа пассажирского вагона является наличие неисправности, подлежащей устранению в ходе текущего или досрочного планового ремонта с отцепкой вагона от состава или поезда в пути следования, на железнодорожных станциях формирования и оборота пассажирских вагонов.

При оценке показателей долговечности вагонов критерием предельного состояния является наличие хотя бы одной неисправности, требующей исключения вагона из инвентаря в соответствии с Техническими требованиями на исключение из инвентаря пассажирских вагонов, курсирующих в международном сообщении, утвержденными Советом по железнодорожному транспорту государств—участников Содружества (протокол от 26–27 октября 2016 г. № 65).

При оценке показателя функциональной безопасности критерием опасного отказа вагона является неисправность, послужившая причиной нарушения безопасности движения на железнодорожном транспорте согласно табл. 2.

В табл. 3 приведены числовые значения *показателей надежности и функциональной безопасности* пассажирских вагонов согласно с действующими нормативно-техническими документами, а также в соответствии с результатами обработки данных об отказах пассажирских вагонов за период 2014–2017 гг. Приведенные

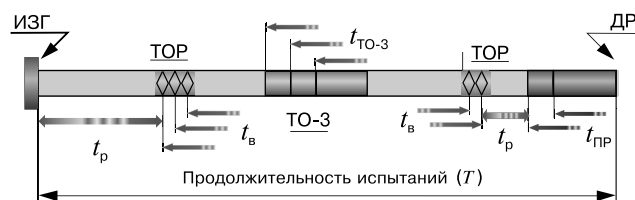


Рис. 3. Схема к определению коэффициента технической готовности ($K_{т}$): ТО-3 — плановое техническое обслуживание вагонов; $t_{ТО-3}$ — интервалы времени проведения ТО-3 вагонов; $t_{ДР}$ — интервалы времени проведения ДР вагонов

Fig. 3. Scheme for determining the coefficient of technical readiness ($K_{т}$): TO-3 — scheduled maintenance of cars; $t_{ТО-3}$ — time intervals for conducting TO-3 for cars; $t_{ДР}$ — time intervals for conducting ДР for cars

Таблица 2

Перечень возможных нарушений безопасности движения поездов вследствие опасных отказов пассажирских вагонов

Table 2

List of possible safety violations of train traffic due to dangerous failures of passenger cars

№ п/п	Наименование нарушения безопасности движения в соответствии с Единым классификатором
1	Транспортные происшествия, в том числе:
1.1	Крушение
1.2	Авария
2	Транспортные события, в том числе:
2.1	Сход подвижного состава в пассажирском поезде
2.2	Столкновение поездов, в том числе с пассажирским (вследствие отказа пассажирского поезда)
3	Иные события, в том числе:
3.1	Излом оси, осевой шейки или колеса
3.2	Отцепка вагона от пассажирского поезда в пути следования из-за технических неисправностей
3.3	Неисправность подвижного состава, результатом которой явилась отмена отправления поезда со станции отправления или повлекшая высадку пассажиров из поезда на промежуточной станции
3.4	Саморасцеп автосцепок или сцепных устройств в поездах
3.5	Обрыв автосцепки или сцепного устройства подвижного состава
3.6	Падение на путь деталей подвижного состава

значения показателей могут быть базовыми для установления требований к надежности и функциональной безопасности пассажирских вагонов.

В табл. 4 приведены числовые значения показателей безотказности пассажирских вагонов с дифференциацией этих показателей для блока «Группа оборудования» согласно электронному справочнику «Справочник неисправностей узлов и деталей пассажирских вагонов (№ 01124323.08350.719.П7)». Представленные значения получены по результа-

Таблица 3

Номенклатура и значения показателей надежности и функциональной безопасности пассажирских вагонов

Table 3

Nomenclature and values of indicators of reliability and functional safety of passenger cars

№ п/п	Наименование показателя, единицы измерения	Условное обозначение	Нормированное значение	Примечание. ссылка на НТД
1. Показатели безотказности				
1.1	Средняя наработка до отказа, тыс. км	$[X_{до}]$	73,50	Определено по статистике, литера «О ₁ »
1.2	Средняя наработка на отказ, тыс. км	$[X_{но}]$	139,00	Определено по статистике, литера «О ₁ »
2. Показатель долговечности				
2.1	Средний срок службы вагонного оборудования, г (не менее)	$[T_{сл}^{об}]$	20	ГОСТ Р 55182–2012 [17]
3. Показатели ремонтпригодности				
3.1	Среднее время восстановления вагона, ч (не более)	$[T_v]$	6	ГОСТ Р 55182–2012
3.2	Среднее время восстановления вагонного оборудования, ч (не более)	$[T_v^{об}]$	3	— " —
3.3	Средняя продолжительность ТО-3, ч (не более)	$[T_{ТО-3}]$	10	Указание от 23.12.1997 г. № В-1465у*
4. Комплексные показатели надежности				
4.1	Коэффициент готовности, %	$[K_r]$	95,00	ГОСТ Р 55182–2012
4.2	Коэффициент технической готовности, %	$[K_{тг}]$	98,34	Определено по расчету
5. Показатель функциональной безопасности				
5.1	Интенсивность опасных отказов, г ⁻¹	$[\lambda]$	$6,63 \cdot 10^{-4}$	Распоряжение ОАО «РЖД» от 08.12.2015 г. № 2855р [18]

* Полное наименование указания «Об утверждении норм простоя пассажирских вагонов при техническом обслуживании, деповском и капитальном ремонтах».

там обработки данных автоматизированной системы управления эксплуатацией и ремонтом парка пассажирских вагонов (АСУПВ) о датах и причинах проведения неплановых и датах плановых видов ремонта новых пассажирских вагонов, в том числе двухэтажных, за период 2014–2017 гг. Использование информационных ресурсов АСУПВ в перспективе позволит проводить расчеты и оценку соответствия показателей надежности вагонов в автоматизированном режиме.

Следует отметить, что полученные значения показателей безотказности вагонов в сборе превышают нормативные значения аналогичных показателей РТМ версии 2008 г. Например, фактическое значение показателя «средняя наработка до отказа вагона» превышает на 13% нормативное значение 2008 г., а величина показателя «средняя наработка на отказ» — в 2,5 раза. Это обстоятельство подтверждает возможность и необходимость постепенного увеличения нормативных требований, предъявляемых к показателям

надежности и функциональной безопасности современных пассажирских вагонов.

Одним из основных отличий новой версии РТМ является наличие в нем комплексных показателей надежности. Эти показатели обобщенно характеризуют частные свойства надежности, в том числе безотказность, долговечность и ремонтпригодность. По этой причине нормированные значения именно комплексных показателей целесообразно включать в договоры на поставку новых вагонов. В настоящее время для регулирования взаимоотношений между поставщиком и заказчиком в части обеспечения надлежащего качества вагонов в гарантийном периоде планируется использовать показатель «коэффициент готовности». Данный показатель характеризует способность пассажирских вагонов выполнять требуемые функции при заданных режимах, условиях применения и технического содержания без учета периодов проведения плановых видов технического

Таблица 4

Числовые значения показателей надежности с распределением по основному оборудованию пассажирских вагонов (данные АСУПВ)¹

Table 4

Numerical values of reliability indicators with distribution of the main equipment of passenger cars (data of АСУПВ)

№ п/п	Блок «Группа оборудования» согласно Справочнику неисправностей	Средняя наработка, тыс. км ²	
		до отказа	на отказ
	Вагон в целом	73,50	139,00
1	Ходовое и тормозное оборудование, в том числе: — автосцепное устройство; — буферное устройство; — тормозное оборудование; — тележка; — колесные пары	107,10	246,00
2	Электрооборудование, в том числе: — электрооборудование; — климатическая установка и вентиляция	731,70	1681,00
3	Внутреннее оборудование и отопление, в том числе: — система отопления; — система водоснабжения; — внутреннее и санитарное оборудование, в т. ч. ЭЧТК ³ , ОВВ ⁴	2561,10	5883,60
4	Кузов (несущая конструкция)	Малозначимая статистика о браковках	
5	Прочее, в том числе нетехнические причины	186,30	428,00

¹ Приведенные значения показателей характеризуют установочные серии новых пассажирских вагонов, изготовленных по конструкторской документации (КД) с литерой «О₁» и эксплуатируемых по сети железных дорог.

² Меньшее значение показателя «средняя наработка до отказа» по сравнению с показателем «средняя наработка на отказ» свидетельствует о наличии «периода приработки», в течение которого пассажирские вагоны отказывают более интенсивно по сравнению с последующим периодом нормальной работы.

³ ЭЧТК — экологически чистый туалетный комплекс,

⁴ ОВВ — обеззараживатель воды и воздуха

обслуживания и плановых видов ремонта, не являющихся зоной ответственности производителей в рамках гарантийных обязательств.

Следует отметить, что задача оценки качества вагонов в части показателей надежности и функциональной безопасности не должна ограничиваться только периодом гарантийной ответственности поставщиков (производителей). Данные показатели, установленные в соответствии со стандартными планами испытаний, по своему определению позволяют судить об

исходном (предпродажном) качестве вагонов. В этом случае при несоответствии показателей заданным требованиям потребитель имеет право на безвозмездное устранение производителем выявленных недостатков в течение всего срока службы вагонов или их комплектующих согласно п. 6 ст. 19 Закона Российской Федерации «О защите прав потребителей» от 7 февраля 1992 г. № 2300-1.

Кроме того, информация о нормированных и фактически реализуемых значениях показателей надежности и функциональной безопасности пассажирских вагонов позволит решать задачи дальнейшей оптимизации параметров системы их технического обслуживания и ремонта [19, 20]. Руководствуясь числовыми значениями упомянутых показателей по отдельным составным частям и комплектующему оборудованию вагонов на основе применения АСУПВ, дополнительно открывается возможность перехода на систему технического обслуживания и ремонта по техническому состоянию, при которой будет обеспечиваться наиболее полное использование ресурса составных частей и комплектующего оборудования вагонов по сравнению с планово-предупредительной системой.

Заключение. Установление объективных требований к показателям надежности и функциональной безопасности пассажирских вагонов позволяет учесть интересы всех причастных сторон. Так, для органов государственного надзора в области железнодорожного транспорта, владельца инфраструктуры железнодорожного транспорта и пассажиров в первую очередь важен вопрос безопасности движения. Для перевозчика пассажиров, учитывая возложенные на него функции согласно Уставу железнодорожного транспорта Российской Федерации (№ 18-ФЗ от 10.01.2003 г.), актуален вопрос обеспечения своевременной и безопасной доставки пассажиров от места отправления до места назначения. На заказчика (собственника) вагонов, учитывая требования Правил технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации, возложены функции обеспечения исправного технического состояния вагонов. Производитель, как формирующий качество собственной продукции, заинтересован в выполнении регламентированных требований надежности и безопасности вагонов с целью поддержания репутации и имиджа своей компании, обеспечения конкурентоспособности продукции, сокращения издержек на устранение последствий несоответствий ее качества. При включении в контракты на поставку новых вагонов требований их надежности и функциональной безопасности напрямую или опосредованно будут удовлетворены интересы всех вышеперечисленных сторон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шадрин А. Д. О соотношении качества и качества продукции в России // Стандарты и качество. 2010. № 1. С. 56–59.
2. Шадрин А. Д. О недосказанных суждениях на фоне реальных проблем (часть 2) // Стандарты и качество. 2018. № 3. С. 92–97.
3. Шадрин А. Д. О принципах стандартов менеджмента // Стандарты и качество. 2018. № 4. С. 18–22.
4. Квалиметрия — наука об измерении качества продукции / Г. Г. Азгальдов [и др.] // Стандарты и качество. 1968. № 1. С. 34–35.
5. ГОСТ Р 54504–2011. Безопасность функциональная. Политика, программа обеспечения безопасности объектов железнодорожного транспорта. М.: Стандартинформ, 2013. 23 с.
6. СТО РЖД 1.02.035–2010. Управление ресурсами на этапах жизненного цикла, рисками и анализом надежности (УРПАН). Порядок определения допустимого уровня риска: Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 13.12.2010 г. № 2570р).
7. What is ALARP and why do you need to know it? [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cultofsea.com/safety/alarp-need> (дата обращения: 01.04.2018 г.).
8. Richard R. SFAIRP vs ALARP // Conference on Railway Excellence. Adelaide, 5–7 May 2014 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.r2a.com.au/wp-content/uploads/2011/10/CORE%202014%20paper%20SFAIRP%20vs%20ALARP.pdf> (дата обращения: 03.04.2018 г.).
9. Лебедев В. А. Обоснование технических решений конструкции двухэтажного пассажирского вагона: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07. М., 2017. 178 с.
10. Двухэтажные вагоны РЖД. Новые пассажирские вагоны [Электронный ресурс]. URL: https://www.syl.ru/article/184858/new_dvuhetajnyie-vagonyi-rjd-novyie-passajirskie-vagonyi-otzyivyi (дата обращения: 04.04.2018 г.).
11. Talgo. Проекты. Российская Федерация. «Стриж» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.talgo.com/ru/projects/russia/strizh/> (дата обращения: 05.04.2018 г.).
12. ОАО «Тверской вагоностроительный завод». Модельный ряд выпускаемой продукции [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tvz.ru/catalog/passenger/> (дата обращения: 15.04.2018 г.).
13. О разработке нормативного документа по надежности пассажирских вагонов // Вагоны и вагонное хозяйство. 2006. № 3–4. С. 25–30.
14. ГОСТ 27.002–2015. Надежность в технике. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2016. 28 с.

15. ГОСТ 32192–2013. Надежность в железнодорожной технике. Основные понятия. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2014. 32 с.
16. Райков Г. В., Петров С. В. Метод оценки показателей ремонтпригодности грузовых вагонов // Вестник ВНИИЖТ. 2015. № 4. С. 39–44.
17. ГОСТ Р 55182–2012. Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Общие технические требования. М.: Стандартинформ, 2013. 27 с.
18. Распоряжение ОАО «РЖД» от 08.12.2015 г. № 2855р «Об утверждении Стратегии обеспечения гарантированной безопасности и надежности перевозочного процесса в холдинге «РЖД».
19. О новой системе технического обслуживания и ремонта пассажирских вагонов / А. В. Сысоев [и др.] // Железнодорожный транспорт. 2011. № 9. С. 57–59.
20. Райков Г. В., Краснобаев А. М., Федяинова С. В. Совершенствование системы технического обслуживания и ремонта пассажирских вагонов // Проблемы железнодорожного транспорта. Задачи и пути их решения: сб. тр. ученых ОАО ВНИИЖТ / под ред. Б. М. Лапидуса, Г. В. Гогричани. М.: Интекст, 2012. С. 126–132.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

ПЕТРОВ Сергей Владимирович,

канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, научный центр «Нетяговый подвижной состав и автотормозные системы поезда», АО «ВНИИЖТ»

РАЙКОВ Герман Васильевич,

канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, научный центр «Нетяговый подвижной состав и автотормозные системы поезда», АО «ВНИИЖТ»

КОРНЕВ Юрий Викторович,

начальник отдела разработки и внедрения нового подвижного состава, АО «ФПК»

КАРАВАНОВА Наталия Борисовна,

заведующая лабораторией, научный центр «Экспресс», АО «ВНИИЖТ»

Статья поступила в редакцию 17.04.2018 г., актуализирована 13.07.2018 г. принята к публикации 20.07.2018 г.

Reliability and functional safety as the main components of the quality of passenger cars

S. V. PETROV¹, G. V. RAYKOV¹, Yu. V. KORNEV², N. B. KARAVANOVA¹

¹ Joint Stock Company "Railway Research Institute" (JSC "VNIIZhT"), Moscow, 129626, Russia

² Joint Stock Company "Federal Passenger Company" (JSC "ФПК"), Moscow, 107078, Russia

Abstract. Quality of passenger cars is a complex property, depending on the reliability and functional safety of the cars. Therefore, guided by the standard definition of the term "quality", satisfaction of the parties concerned, in this case passengers, customer, carrier, infrastructure owner, supplier or state supervision bodies, can be achieved by meeting the requirements objectively established to the noted indicators.

In order to establish the requirements for the reliability and functional safety of passenger cars, it is necessary to solve the following tasks:

1. Selection of the nomenclature of indicators taking into account the peculiarities of using passenger cars for their intended purpose.
2. Development of calculation methods and selection of parameters of test plans for reliability for the established nomenclature of indicators.

3. Determination of the achieved level of reliability and safety of cars based on selected indicators.

4. Establishment of standardized values of indicators taking into account achieved level on the basis of the principle of reasonable sufficiency.

The article shows the nomenclature of the applied indicators of reliability and safety of passenger cars, as well as formulas for their calculation, accepted criteria for failures and limiting states of cars, requirements for the accuracy and reliability of the measured indicators.

The work concludes that the establishment of requirements for indicators of reliability and functional safety of passenger cars allows taking into account the interests of all involved parties. For passengers, infrastructure owner and state supervision bodies, interests in the field of traffic safety will be taken into account; for

the carrier — these requirements will be taken into account in terms of timely and safe transportation of passengers; for the customer — in terms of ensuring the good technical condition of the cars; for the manufacturer — in terms of preserving the reputation, ensuring the competitiveness of products, reducing costs to eliminate inconsistencies in its quality.

Keywords: passenger cars; quality; reliability; security; readiness

DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2018-77-4-241-249>

REFERENCES

1. Shadrin A. D. *O sootnoshenii kachestva i kachestva produkcii v Rossii* [On the correlation of quality and quality of products in Russia]. Standarty i kachestvo [Standards and quality], 2010, no. 1, pp. 56–59.
2. Shadrin A. D. *O nedoskazannykh suzhdeniyakh na fone real'nykh problem (chast' 2)* [On the unspoken judgments against the background of real problems (part 2)]. Standarty i kachestvo [Standards and quality], 2018, no. 3, pp. 92–97.
3. Shadrin A. D. *O printsipakh standartov menedzhmenta* [On the principles of management standards]. Standarty i kachestvo [Standards and quality], 2018, no. 4, pp. 18–22.
4. Azgal'dov G. G., Glichev A. V., Krapivenskiy Z. I., Kurachenko Yu. P., Panov V. P., Fedorov M. V., Shpektorov D. M. *O printsipakh standartov menedzhmenta* [Qualimetry — science of measuring the quality of products]. Standarty i kachestvo [Standards and quality], 1968, no. 1, pp. 34–35.
5. GOST R 54504–2011. *Functional safety. Politics, the program for ensuring the safety of railway transport facilities*. Moscow, Standartinform Publ., 2013, 23 p. (in Russ.).
6. STO RZD 1.02.035–2010. *Resource management at life cycle stages, risks and reliability analysis (URRAN). Procedure for determining the acceptable level of risk*. Approved by the decree of the JSC “Russian Railways” on December 13, 2010, no. 2570r. (in Russ.).
7. *What is ALARP and why do you need to know it?* URL: <https://www.cultofsea.com/safety/alarp-need> (retrieved on 01.04.2018).
8. Richard R. *SFAIRP vs ALARP*. Conference on Railway Excellence. Adelaide, May 5–7, 2014 URL: <http://www.r2a.com.au/wp-content/uploads/2011/10/CORE%202014%20paper%20SFAIRP%20vs%20ALARP.pdf> (retrieved on 03.04.2018).
9. Lebedev B. A. *Obosnovanie tekhnicheskikh resheniy konstruktsii dvukhetazhnogo passazhirskogo vagona*. Kand. tekhn. nauk diss. [Substantiation of technical decisions of design of a double-deck passenger car. Cand. tech. sci. diss.]. Moscow, 2017, 178 p.
10. *Double-deck cars of the RZD Railways. New passenger cars*. URL: https://www.syl.ru/article/184858/new_dvuhetajnyie-vagonyi-rjd-novye-passajirskie-vagonyi-otzyivyi (retrieved on 04.04.2018).
11. *Talgo. Projects. Russian Federation. “Strizh”*. URL: <https://www.talgo.com/ru/projects/russia/strizh> (retrieved on 05.04.2018).
12. *JSC “Tverskoy Vagonostroitel'nyy Zavod”. Model range of products*. URL: <http://www.tvz.ru/catalog/passenger/> (retrieved on 15.04.2018).

■ E-mail: Petrov.S.V@vniizht.ru (S. V. Petrov)

13. *O razrabotke normativnogo dokumenta po nadezhnosti passazhirskikh vagonov* [On the development of a regulatory document on the reliability of passenger cars]. Vagony i vagonnoe khozyaystvo [Cars and car facility], 2006, no. 3–4, pp. 25–30.

14. GOST 27.002–2015. *Reliability in engineering. Terms and Definitions*. Moscow, Standartinform Publ., 2016, 28 p.

15. GOST 32192–2013. *Reliability in railway engineering. Basic concepts. Terms and Definitions*. Moscow, Standartinform Publ., 2014, 32 p.

16. Raykov G. V., Petrov S. V. *Metod otsenki pokazateley remontoprigradnosti gruzovykh vagonov* [Method for assessing the indicators of maintainability of freight cars]. Vestnik VNIIZhT [Vestnik of the Railway Research Institute], 2015, no. 4, pp. 39–44.

17. GOST R 55182–2012. *Passenger cars for locomotive traction. General technical requirements*. Moscow, Standartinform Publ., 2013, 27 p.

18. Ordinance of the JSC “Russian Railways” from 08.12.2015 no. 2855r *“On approval of the Strategy of ensuring guaranteed security and reliability of the transportation process in the holding company JSC “RZD”*. (in Russ.).

19. Sysoev A. V., Krasnobaev A. M., Raykov G. V., Fedayanova S. V. *O novoy sisteme tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta passazhirskikh vagonov* [About the new system of maintenance and repair of passenger cars]. Zheleznodorozhnyy transport, 2011, no. 9, pp. 57–59.

20. Raykov G. V., Krasnobaev A. M., Fedayanova S. V., Lapidus B. M., Gogrichiani G. V. *Sovershenstvovanie sistemy tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta passazhirskikh vagonov* [Improvement of the system of maintenance and repair of passenger cars]. Problemy zheleznodorozhnogo transporta. Zadachi i puti ikh resheniya. Sb. tr. uchenykh OAO “VNIIZhT” [Problems of railway transport. Tasks and solutions. Proc. of works of scientists of the JSC “VNIIZhT”]. Moscow, Intext Publ., 2012, pp. 126–132.

ABOUT THE AUTHORS

Sergey V. PETROV,

Cand. Sci. (Eng.), Leading Researcher, Scientific Center “Non-tractive rolling stock and train auto-brake systems”, JSC “VNIIZhT”

German V. RAYKOV,

Cand. Sci. (Eng.), Leading Researcher, Scientific Center “Non-tractive rolling stock and train auto-brake systems”, JSC “VNIIZhT”

Yuriy V. KORNEV,

Head of the Department for development and implementation of newly designed rolling stock of JSC “FPK”

Nataliya B. KARAVANOVA,

Head of the Laboratory, Scientific Center “Express”, JSC “VNIIZhT”

Received 17.04.2018

Revised 13.07.2018

Accepted 20.07.2018

ВЫШЛИ В СВЕТ ТРУДЫ ВНИИЖТ

АСУ «Экспресс» — автоматизированная система управления пассажирскими перевозками на железнодорожном транспорте / А. В. Комиссаров [и др.]; под ред. А. В. Комиссарова. Ногинск: АНАЛИТИКА РОДИС, 2016. 128 с. (Труды ОАО «ВНИИЖТ»).

В книге рассмотрены бизнес-процессы пассажирских перевозок с использованием автоматизированной системы управления пассажирскими перевозками «Экспресс-3». Читателю предоставляется возможность ознакомиться с этапами развития информационных технологий пассажирского комплекса ОАО «РЖД» на базе АСУ «Экспресс-3».

Издание предназначено для руководителей и инженерно-технического состава пассажирского комплекса, специалистов, связанных с разработкой и внедрением информационных технологий на железных дорогах РФ, научных работников, преподавателей и студентов транспортных вузов.

По вопросам приобретения книги обращаться по адресу: 129626, г. Москва, 3-я Мытищинская ул., д. 10, редакционно-издательский отдел АО «ВНИИЖТ».

Тел.: (499) 260-43-20, e-mail: rio@vniizht.ru, www.vniizht.ru.