

К вопросу классификации отказов железнодорожного тягового подвижного состава

Юрий В. Бабков¹, Елена Е. Белова¹, Максим И. Потапов^{1*}

¹Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт подвижного состава (АО «ВНИКТИ»), Коломна, Российская Федерация

*potapovm@vnikti.com



Юрий В. Бабков



Елена Е. Белова



Максим И.
Потапов

Резюме. Цель. Установить классификацию отказов железнодорожного тягового подвижного состава, обеспечивающую решение задач обоснованного определения требований надежности к железнодорожному тяговому подвижному составу как объекту железнодорожной транспортной системы, а также организации системной работы по обеспечению его надежности в течение жизненного цикла на требуемом уровне. **Методы.** Произведен анализ терминологии межгосударственных стандартов в области надежности и выполнено сравнение двух классификаций, которые используются ОАО «РЖД» для оценки надежности технических средств и железнодорожного тягового подвижного состава. При исследовании надежности к объектам железнодорожной транспортной системы применяются структурно-логические и логико-вероятностные методы анализа надежности, а для участка железной дороги – теория графов и метод построения цепей Маркова. **Результаты.** Анализ существующих классификаций отказов показал недостатки, которые не позволяют использовать классификации для исследований структурной надежности таких объектов железнодорожной транспортной системы, как железнодорожный тяговый подвижной состав. Разработана классификация, комбинирующая использование двух классификаций отказов («категорирования» – для перевозочного процесса и технических средств, «видов» – для тягового подвижного состава), но уже с новыми формулировками. Предлагаемая классификация видов отказов имеет более строгие формулировки условий и допущений, необходимых для оценки надежности и технического состояния объекта, позволяющие обеспечить взаимосвязь характеристик тягового подвижного состава и его надежности в течение всего жизненного цикла при решении вышеуказанных задач. Совместное использование двух классификаций пригодно для исследований структурных проблем надежности с помощью логико-вероятностных методов и марковских цепей. Разработанная классификация включена в положения проекта межгосударственного стандарта «Надежность железнодорожного тягового подвижного состава. Порядок задания, методы расчета и контроль показателей надежности в течение жизненного цикла», разработка которого выполняется АО «ВНИКТИ» по плану научно-технического развития ОАО «РЖД». **Заключение.** Результаты статьи будут полезны специалистам, занимающимся оценкой надежности железнодорожного тягового подвижного состава.

Ключевые слова: надежность, отказ, неисправность, повреждение, классификация отказов, перевозочный процесс, железнодорожный тяговый подвижной состав, жизненный цикл.

Для цитирования: Бабков Ю.В., Белова Е.Е., Потапов М.И. К вопросу классификации отказов железнодорожного тягового подвижного состава // Надежность. 2021. № 4. С. 12-19. <https://doi.org/10.21683/1729-2646-2021-21-4-12-19>

Поступила 20.09.2021 г. / После доработки 11.11.2021 г. / К печати 14.12.2021 г.

Введение

Железнодорожный транспорт для России имеет стратегическое значение: он обеспечивает стабильность работы предприятий и жизни граждан страны, ежедневно перевозит миллионы тонн грузов и сотни тысяч людей [1]. Перевозка грузов и пассажиров железнодорожным транспортом невозможна без железнодорожного тягового подвижного состава (ТПС), качественного и безопасного в эксплуатации.

Одной из важнейших характеристик качества любой техники и, в частности, ТПС является надежность. Согласно ГОСТ 27.002-2015 [2], надежность – это комплексное свойство объекта, которое в зависимости от назначения этого объекта и условий его применения может включать в себя безотказность, ремонтпригодность, восстанавливаемость, долговечность, сохраняемость или определенные сочетания этих свойств, такое как, например, готовность [3].

Как комплексное свойство, надежность количественно определяется показателями перечисленных свойств. Эти показатели позволяют увязывать технические, эксплуатационные и экономические характеристики ТПС, которые в конечном счете обуславливают потребительский выбор того или иного ТПС. Взаимосвязанные технические, эксплуатационные и экономические характеристики формируются на стадиях жизненного цикла (ЖЦ) «Разработка» и «Производство», при этом результат, в том числе экономический, получается уже на стадии ЖЦ «Эксплуатация». Очевидно, что такая ситуация обуславливает наличие возможных эксплуатационных рисков, негативно влияющих на деятельность субъектов, причастных к эксплуатации ТПС в рамках железнодорожной транспортной системы. Распределение этих рисков между субъектами возможно при условии формирования научно обоснованных требований к ТПС в части надежности и совместной системной работы причастных по обеспечению надежности ТПС в течение его ЖЦ [4].

Таким образом, решение задач обоснованного определения требований надежности к ТПС как объекту железнодорожной транспортной системы и организации системной работы по обеспечению надежности ТПС в течение его ЖЦ на требуемом уровне является актуальным. В [5] также указана необходимость формирования нормативного обеспечения для решения вышеперечисленных задач.

Общие подходы к обоснованному определению требований надежности ТПС и организации процесса обеспечения надежности ТПС в течение ЖЦ изложены в [4, 6], что послужило основой при разработке проекта межгосударственного стандарта «Надежность железнодорожного тягового подвижного состава. Порядок задания, методы расчета и контроль показателей надежности в течение жизненного цикла», разработка которого выполняется АО «ВНИКТИ» по плану научно-технического развития ОАО «РЖД» во исполнение программ межгосударственной и национальной стандартизации. В настоящее время окончательная редакция проекта стандарта получила положительное заключение от ТК119 «Надежность в технике» и проходит экспертизу в ТК045 «Железнодорожный транспорт».

Настоящая статья посвящена положениям данного проекта стандарта, которые устанавливают классификацию отказов ТПС, позволяющую обеспечить взаимосвязь характеристик ТПС и его надежности в течение всего ЖЦ при решении вышеуказанных задач.

Реализуемый ОАО «РЖД» перевозочный процесс подвержен влиянию ряда факторов, порождающих риски (рис. 1). Источниками рисков перевозочного процесса, в том числе нарушения графика движения поездов, наряду с внешними причинами могут являться нарушения технологии перевозочного процесса либо отказы технических средств (ТС). Инциденты по причине отказов ТС, в том числе ТПС, классифицируются по степени критичности для перевозочного процесса. На критичность последствий инцидента влияют продолжительность задержки поезда, задержки других поездов и размер ущерба,

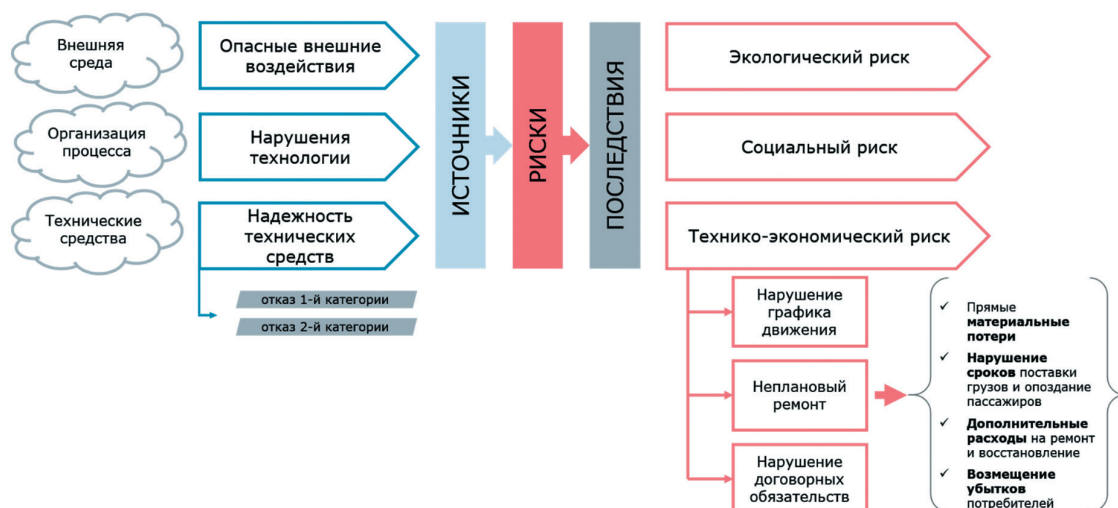


Рис. 1. Общая модель формирования рисков перевозочного процесса

определяемый затратами на восстановление ТС и покрытие убытков потребителей из-за задержки поездов.

Таким образом, для отказов ТС и ТПС в частности характеристиками по последствиям, позволяющими установить факт нарушения их работоспособности, являются:

- невыполнение показателей графика движения поездов (масса поезда, скорость, время хода по участкам и стоянок, время перерыва движения поездов);
- необходимость восстановления работоспособности подвижного состава и постоянных устройств без нарушения графика движения поездов;
- необходимость выполнения непланового ремонта;
- превышение установленного объема работ (восстановление, замена, регулировка любого технического устройства) на плановом техническом обслуживании или ремонте, вызывающее увеличение нормы простоя или трудоемкости, если перечисленные виды работ не входят в объем обязательных работ.

Вышеперечисленное послужило основой для разработки классификации отказов, при этом учитывались терминология в отношении понятий «отказ», «неисправность» («повреждение») и аспекты ТПС как элемента перевозочного процесса.

Термины «отказ», «неисправность» («повреждение»)

Рассмотрим понятия отказа и неисправности (повреждения) с учетом терминологических стандартов ГОСТ 27.002-2015, ГОСТ 18322-2016, ГОСТ 32192-2013 [2, 7, 8] (рис. 2).

Отказ – событие, заключающееся в нарушении работоспособного состояния железнодорожной техники [8]. При этом по классификационному признаку возможности последующего применения железнодорожной техники отказ может быть полным или частичным; последнее свойственно сложным системам, состоящим из разного рода элементов и выполняющим отдельные функции в рамках системы. Отказ переводит ТС из работоспособного состояния в не-

работоспособное с последующим восстановлением или списанием в результате достижения предельного состояния. Отказ некоторых элементов, входящих в одну систему, может не вызывать снижения уровня качества функционирования сложной системы при выполнении определенной задачи, поэтому в результате отказа отдельных ее элементов или неисправности (повреждения) технического средства объект переходит в частично работоспособное состояние (неисправное) с последующим восстановлением исправного работоспособного состояния.

Неисправность (повреждение) – событие, заключающееся в нарушении исправного состояния железнодорожной техники при сохранении работоспособного состояния.

Возможна также ситуация, когда устранение неисправности осуществляется только с помощью проведения ремонта. Соответственно, из частично работоспособного состояния объект может переходить посредством ремонта в условно неработоспособное состояние до момента восстановления исправного работоспособного состояния либо выполнить переход в неработоспособное состояние, связанное с обнаружением скрытого отказа железнодорожной техники.

ТПС как элемент перевозочного процесса

Железная дорога представляет собой сложную транспортную систему, состоящую из совокупности ТС, взаимосвязанных в едином технологическом процессе перевозок грузов и пассажиров. При этом каждое из железнодорожных ТС – элемент собственной сложной системы, выполняющий определенную функцию в технологическом процессе перевозок. С точки зрения надежности все элементы этой системы соединены последовательно, т.е. полный отказ одного из них приводит к отказу всей системы, что проиллюстрировано на рис. 3 схемой функциональной целостности (СФЦ) участка железной дороги и ее математической модели, представленной в

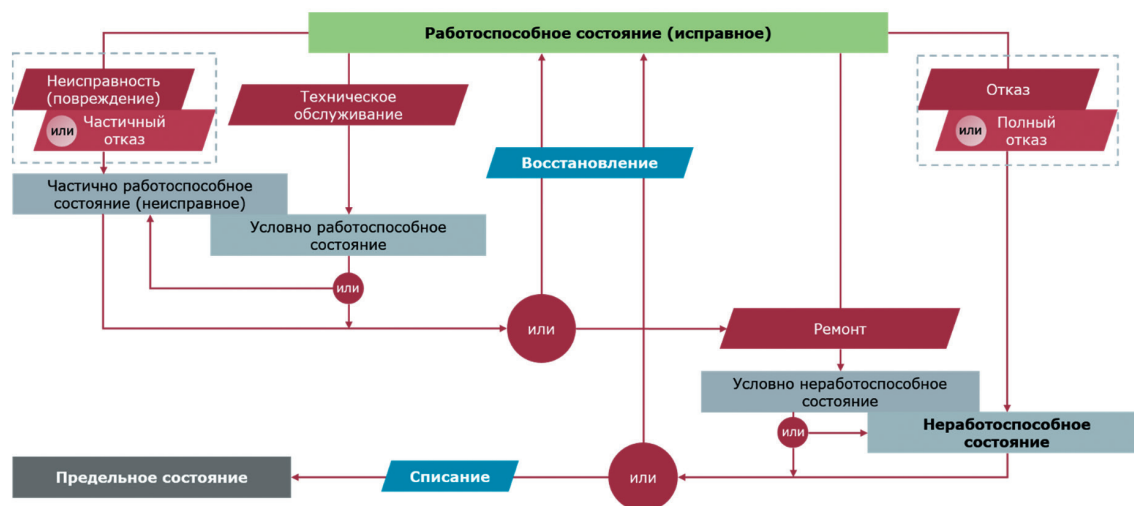


Рис. 2. Состояния сложной технической системы

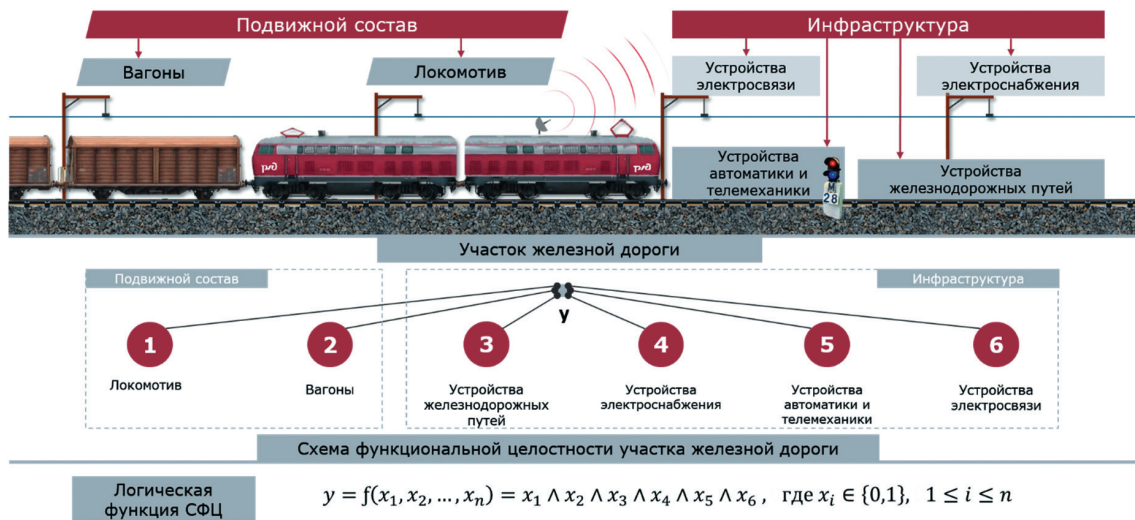
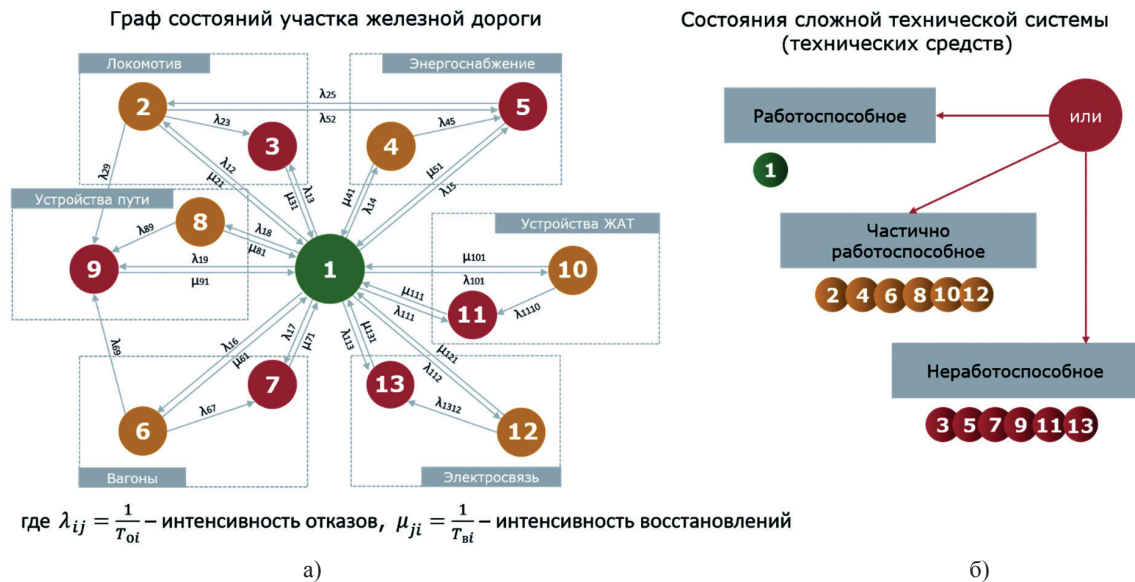


Рис. 3. Подвижной состав как элемент перевозочного процесса



где $\lambda_{ij} = \frac{1}{T_{oi}}$ – интенсивность отказов, $\mu_{ji} = \frac{1}{T_{vi}}$ – интенсивность восстановлений

Рис. 4. Граф состояний участка железной дороги (а) и схема состояний сложной технической системы (б)

виде логической функции, полученной с помощью программного комплекса «Арбитр» [9]. Чтобы выполнить оценку надежности работы такой системы, необходимо прежде всего определить показатели, характеризующие надежность каждого из входящих в нее элементов. Уровень надежности отдельных ТС, входящих в сложную систему, оказывает влияние на качество функционирования всей системы, результативность и экономические показатели работы железных дорог.

Для оценки надежности работы системы в качестве минимально возможного используется гарантийный участок железной дороги между двумя участковыми станциями или между участковой и сортировочной станциями, который представляет собой сложную однофункциональную систему многократного действия [10].

Гарантийный участок железной дороги как сложная система функционирует дискретно в пространстве состояний и непрерывно во времени. Назначение этой системы заключается в обеспечении размеров грузопотока при бес-

перебойном движении поездов в течение длительного интервала времени. При этом интервал времени для расчета принимается исходя из пропускной способности участка, который рассчитывается на заданные сутки. Потоки поездов поступают с участковых станций, отправления поездов производятся при условии соблюдения установленного в ОАО «РЖД» минимального безопасного расстояния, устанавливаемого в блок-участках. Вследствие отказов ТПС (локомотивов), вагонов, устройств электрооснабжения, автоматики и телемеханики (ЖАТ), связи и пути, приводящих к закрытию отдельных перегонов, нарушается график движения поездов и, как следствие, снижаются качество и эффективность работы участка. Ранее отмечалось, что в рамках участка железной дороги с точки зрения надежности все элементы соединены последовательно и полный отказ одного из элементов приводит к отказу всей системы. Время между отказами отдельных элементов и время восстановления их работоспособности являются случайными величинами.

С помощью метода «псевдосостояний» имеющий место в этом случае немарковский процесс сводится к марковскому, т.е. когда будущее поведение системы зависит от настоящего и не зависит от предыстории процесса при введении следующих допущений:

1) потоки отказов и восстановлений системы *ординарные*, т.е. в каждый момент времени может отказывать или восстанавливаться не более одного элемента;

2) процесс функционирования системы и ее элементов *стационарный*, т.е. интенсивность появления отказа ТС не зависит от времени и представляет собой значение, равное среднему числу событий, наступивших в единицу времени;

3) время пребывания системы в некоторых состояниях не подчиняется экспоненциальному распределению, но может быть точно или приблизительно представлено распределением Эрланга.

На рис. 4 представлен граф состояний участка железной дороги, где система может находиться в работоспособном состоянии (1) и обеспечивать выполнение графика движения поездов на 100 %, работать с пониженной эффективностью из-за частичного отказа (неисправности (повреждения)) одного из элементов (состояния 2, 4, 6, 8, 10, 12) или в неработоспособном состоянии из-за полного отказа одного из элементов

в результате закрытия участка и выполнения графика движения поездов на 0 % (состояния 3, 5, 7, 9, 11, 13). В данном случае из числа состояний исключены состояния системы, в которых осуществляется выполнение планового технического обслуживания или ремонта.

Переход системы из одного состояния в другое характеризуется отказом или восстановлением только одного элемента системы. Каждый элемент характеризуется средним временем между его отказами T_{oi} и интенсивностью отказов λ_{ji} , средним временем восстановления T_{vi} и интенсивностью восстановления μ_{ji} , где i – состояние элемента перед отказом (после восстановления), j – состояние элемента после отказа (перед восстановлением). В этой модели можно учитывать влияние одних ТС на работоспособность других, например неисправность электровоза (а именно отказ одного из токоприемников) может привести к отказу устройств электроснабжения – обрыву контактного провода.

Система в этом случае определяется начальными вероятностными состояниями и матрицей переходных вероятностей. Исходя из решения этой системы и знания средних значений времени между отказами ТС и времени их восстановления, могут быть рассчитаны предельные вероятности, характеризующие функционирование участка железной дороги со снижением эффективности или же полностью прекращающие движение поездов.

Классификационный признак для технических средств (ГОСТ 32192–2013)	Критерий отказов по КАС АНТ		Состояние системы
	Событие	Продолжительность восстановления	
Отказ 1-й категории	Полный отказ Отказ ТС	 более 1 ч	Неработоспособное
Отказ 2-й категории	Частичный отказ Отказ ТС	 от 6 мин до 1 ч или  от 15 мин до 1 ч	Частично работоспособное
Отказ 3-й категории	Неисправность (повреждение) Повреждение ТС	 без задержек или  до 6 мин или  до 15 мин	Частично работоспособное

а)

Классификационный признак (ГОСТ 31187–2011)	Критерий отказов			Состояние ТПС
	Событие	Тяжесть устранения отказа для перевозочного процесса	Место обнаружения отказа	
Отказ 1-го вида	Отказ ТПС	Вспомогательный локомотив	На линии (рабочее состояние)	Неработоспособное
Отказ 2-го вида	Отказ ТПС	 Задержка более 1 ч	На линии (рабочее состояние)	Неработоспособное
Отказ 3-го вида*	Отказ ТПС	–	В депо приписки	Неработоспособное

*Критерием отказа 3-го вида является постановка на неплановый ремонт

б)

Рис. 5. Инфографика классификаций отказов: а) железнодорожных технических средств по категориям; б) автономного железнодорожного тягового подвижного состава по видам

Анализ существующих классификаций отказов

В настоящее время для оценки надежности работы железнодорожной транспортной системы в ОАО «РЖД» используется «Комплексная автоматизированная система учета, контроля устранения отказов в работе ТС и анализа их надежности» (КАС АНТ). Классификация случаев отказа ТС, в зависимости от их влияния на перевозочный процесс, установлена в [11], при этом используется следующий признак – отказ первой, второй и третьей категории (рис. 5а).

Отказом 1-й категории считаются отказы ТС, приведшие к задержке пассажирского, пригородного или грузового поезда на перегоне (станции) на 1 ч и более либо приведшие к транспортным происшествиям или событиям, связанным с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта.

Отказом 2-й категории считаются отказы, приведшие к задержке на перегоне (станции) пассажирского или пригородного поезда продолжительностью от 6 мин до 1 ч, грузового поезда продолжительностью от 15 мин до 1 ч.

К отказам 3-й категории относятся: неисправности – случаи нарушения нормального функционирования ТС, не имеющие последствий, относящихся к отказам 1-й и 2-й категории, при этом учет случаев неисправности производится первоначально в рамках автоматизированных систем управления хозяйств; повреждения – нарушения исправного состояния ТС, выявленные в процессе планово-предупредительного технического обслуживания эксплуатационным персоналом, в том числе с применением средств диагностики, учитываются вне зависимости от продолжительности задержек поездов, кроме случаев, приведших к транспортным происшествиям или событиям, связанным с нарушением правил безопасности движения и эксплуатации железнодорожного транспорта, которые учитываются в 1-й категории.

В 3-й категории также учитываются: нарушения размещения и крепления груза из-за неисправности средств крепления груза в вагоне, находящемся в составе грузового поезда; нарушения, выявленные при проведении технического обслуживания (ТО-1) локомотива, моторвагонного подвижного состава и устраненные силами локомотивных бригад или ремонтного персонала; отцепка грузового вагона от поезда по технической неисправности, выявленной на станции, являющейся окончанием гарантийного участка.

Для оценки надежности автономного тягового подвижного состава ГОСТ 31187-2011, ГОСТ 31428-2011 [12, 13] установлена следующая классификация отказов (рис. 5б):

- отказ 1-го вида – отказ тепловоза, вызвавший вынужденную остановку поезда на перегоне или промежуточной станции, если дальнейшее движение поезда продолжено с помощью вспомогательного локомотива;
- отказ 2-го вида – отказ тепловоза, в результате которого допущена задержка поезда на перегоне хотя бы по одному из путей или на станции сверх времени, установленного графиком движения, на 1 ч и более;

– отказ 3-го вида – отказ тепловоза, требующий выполнения непланового ремонта.

На рис. 6 представлена причинно-следственная модель технико-экономического риска перевозочного процесса, обусловленного надежностью ТПС (локомотивов), а также связь вышеприведенных классификаций отказов (см. рис. 5).

В результате анализа вышеприведенных классификаций с учетом причинно-следственной модели технико-экономического риска перевозочного процесса, обусловленного надежностью ТПС, установлены недостатки обеих классификаций, затрудняющие их использование при оценке надежности ТПС в течение ЖЦ.

Недостатки классификации «категорирования» для оценки надежности ТПС:

- построена по степени влияния на перевозочный процесс железнодорожных ТС;
- критерием тяжести влияния является временной фактор;
- неприменима для стадии разработки.

Недостатками классификации «видов» для оценки надежности ТПС:

- отказ 1-го вида связан с отказами локомотива на линии (рабочим состоянием) в составе поезда;
- отказ 2-го вида тоже связан с отказами локомотива на линии (рабочим состоянием) в составе поезда, но характеризуется временным фактором 1-й категории отказов ТС;
- критерий отказов 3-го вида носит субъективный характер и не отражает проблем технического состояния.

Предлагаемая классификация отказов для ТПС

Для нормирования надежности предлагается уточнить существующую классификацию отказов и неисправностей ТПС по видам в зависимости от тяжести их последствий для перевозочного процесса, места обнаружения этих отказов или повреждений ТПС и способа устранения. Для этого в проекте разрабатываемого ГОСТ «Надежность железнодорожного тягового подвижного состава. Порядок задания, методы расчета и контроль показателей надежности в течение жизненного цикла» данная классификация приведена в следующей редакции:

- отказ 1-го вида обусловлен дефектами, обнаруженными в рабочем состоянии ТПС (ТПС переходит в неработоспособное состояние), при этом его задание невыполнимо, восстановление перевозочного процесса осуществляется с привлечением вспомогательного локомотива, восстановление самого ТПС осуществляется путем проведения ремонта;
- отказ 2-го вида обусловлен дефектами, обнаруженными в рабочем состоянии ТПС (ТПС переходит в частично работоспособное состояние), при этом его задание выполнимо, восстановление перевозочного процесса происходит при условии ограниченного использования неисправного ТПС, функционирующего с применением различных резервных схем,

восстановление ТПС осуществляется путем проведения ремонта;

– неисправность вида А, обусловленная дефектами, обнаруженными в рабочем (ТПС переходит в неисправное работоспособное состояние) и нерабочем состоянии ТПС (на плановом виде ТО или в ожидании работы), при этом восстановление ТПС осуществляется путем проведения ремонта (при обнаружении либо отсрочено);

– неисправность вида Б, обусловленная дефектами оборудования, обеспечивающего санитарно-гигиенические условия проезда пассажиров и работы локомотивной бригады, учет расхода топлива (электроэнергии), а также косвенно влияющего на функционирование ТПС при использовании его по назначению, при этом восстановление ТПС осуществляется путем проведения ремонта при обнаружении.

При этом к неисправностям вида А относятся отказы составных частей ТПС, связанные непосредственно с технически исправным функционированием ТПС при использовании его по назначению, а к неисправностям вида Б относятся отказы оборудования, косвенно влияющего на функционирование ТПС и обеспечивающего потребительскую привлекательность, удобство использования и обслуживания, а также выполнения функциональных требований, не связанных с использованием ТПС по назначению.

Восстановление составных частей ТПС с неисправностями вида А обусловлено требованиями эксплуатационной и ремонтной документации, в отличие от оборудования с неисправностями вида Б, восстановление которого обусловлено требованиями заказчика, потребителя, безопасности, нормативной, конструкторской документации или экологических и санитарно-гигиенических норм.

Остальные дефекты оборудования или составных частей ТПС, являющиеся причинами их повреждений при сохранении работоспособного состояния ТПС, не классифицируются. Такие дефекты устраняются на плановых видах ремонта и/или обслуживания, при которых контроль технического состояния ТПС выполняется с периодичностью и в объеме согласно нормативной и технической документации, а объем и момент начала ремонта определяется техническим состоянием ТПС.

Заключение

Для решения задач обоснованного определения требований надежности к железнодорожному ТПС как объекту железнодорожной транспортной системы, а также организации

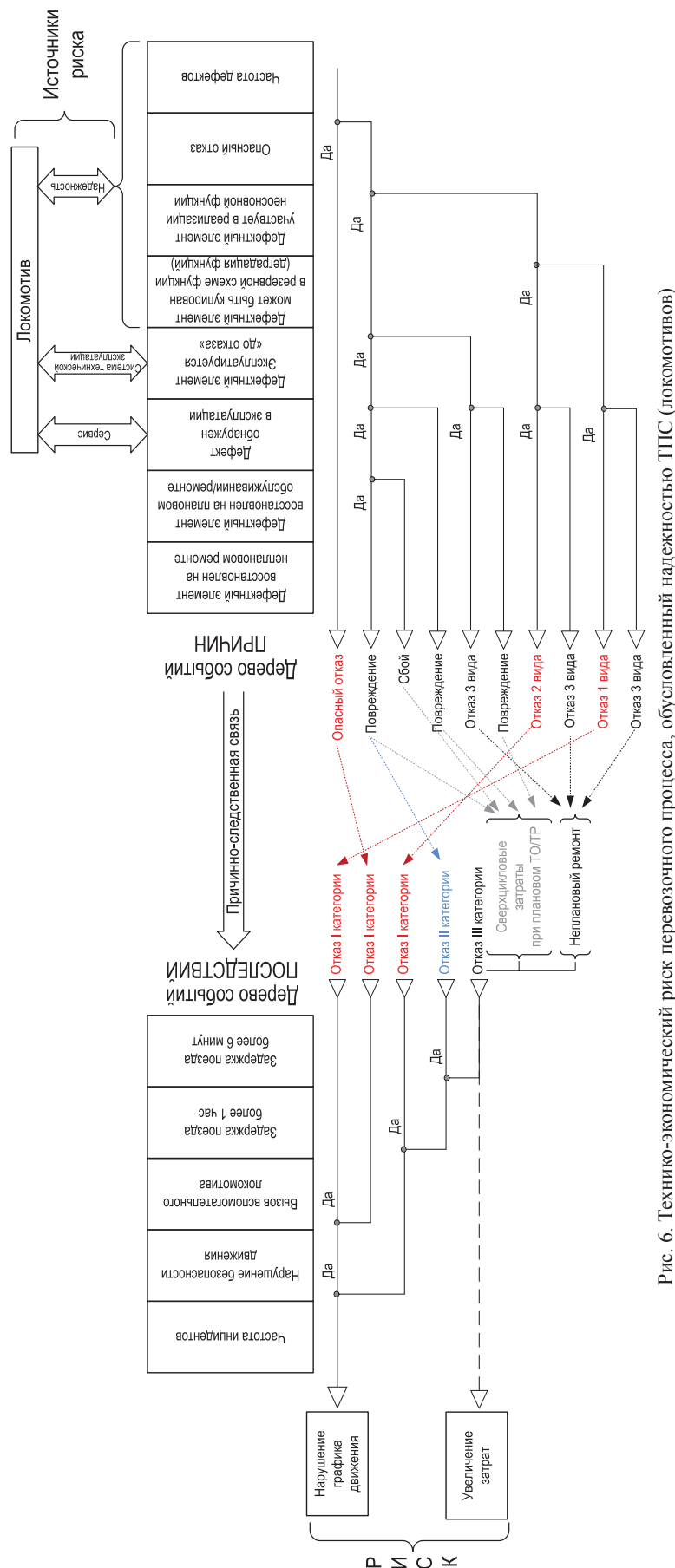


Рис. 6. Технико-экономический риск перевозочного процесса, обусловленный надежностью ТПС (локомотивов)

системной работы по обеспечению его надежности в течение ЖЦ на требуемом уровне разработана классификация, комбинирующая использование двух классификаций отказов: «категорирования» – для перевозочного процесса и технических средств; «видов» – для ТПС, но уже с новыми формулировками. Предлагаемая классификация видов отказов имеет более строгие формулировки условий и допущений, необходимых для оценки надежности и технического состояния объекта, позволяющих обеспечить взаимосвязь характеристик ТПС и его надежности в течение всего ЖЦ при решении указанных задач. Совместное использование двух классификаций пригодно для исследований структурных проблем надежности с помощью логико-вероятностных методов и марковских цепей.

Разработанная классификация включена в положения проекта межгосударственного стандарта «Надежность железнодорожного тягового подвижного состава. Порядок задания, методы расчета и контроль показателей надежности в течение жизненного цикла», разработка которого выполняется АО «ВНИКТИ» по плану научно-технического развития ОАО «РЖД».

Библиографический список

1. ОАО «РЖД» сегодня. URL: company.rzd.ru/ru/9360 (дата обращения 15.09.2021).
2. ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2016. IV, 23 с.
3. Бабков Ю.В., Перминов В.А., Слонков Г.В. и др. Пути перераспределения эксплуатационного риска в условиях рыночных отношений и реформированного локомотивного комплекса ОАО «РЖД» // Железнодорожный транспорт. 2018. № 5. С. 62–66.
4. Назаров О.Н., Бабков Ю.В., Перминов В.А. и др. Формирование научно обоснованных требований к инновационному подвижному составу в части надежности // Вестник ИПЕМ. Техника железных дорог. 2018. № 3. С. 40–49.
5. Белова Е.Е., Драгун В.И., Перминов В.А. и др. Нормативное обеспечение надежности железнодорожного транспорта: прошлое, настоящее, будущее // Стандарты и качество. 2018. № 9. С. 32–35.
6. Клименко Ю.И., Белова Е.Е., Потапов М.И. и др. Процесс обеспечения надежности локомотивов, проектируемых под современные технические требования // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. 2020. № 1. С. 43–47.
7. ГОСТ 18322-2016. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2017. II, 13 с.
8. ГОСТ 32192-2013. Надежность в железнодорожной технике. Основные понятия. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2014. IV, 29 с.
9. Программный комплекс автоматизированного структурно-логического моделирования и расчета надежности и безопасности автоматизированных систем управления технологическими процессами на стадии проектирования: ПК «Арбитр» / АО «СПИК СЗМА». URL: szma.com/arbitr/ (дата обращения 10.09.2021).
10. Шишков А.Д. Народнохозяйственная эффективность повышения надежности технических средств железнодорожного транспорта. М.: Транспорт, 1986. 183 с.
11. Положение об учете, расследовании и анализе отказов в работе технических средств на инфраструктуре ОАО «РЖД» с использованием автоматизированной системы КАС АНТ, утвержденное распоряжением ОАО «РЖД» от 01.10.2018 № 2160/р.
12. ГОСТ 31187-2011. Тепловозы магистральные. Общие технические требования. М.: Стандартинформ, 2012. II, 31 с.
13. ГОСТ 31428-2011. Тепловозы маневровые с электрической передачей. Общие технические требования. М.: Стандартинформ, 2011. III, 45 с.

Сведения об авторах

Юрий Валерьевич Бабков – кандидат технических наук, первый заместитель генерального директора – главный инженер АО «ВНИКТИ», ул. Октябрьской революции, 410, Коломна, Московская область, Российская Федерация, 140402, тел. +7(496)618-82-51; e-mail: babkov@bk.com

Елена Евгеньевна Белова – кандидат технических наук, начальник научного центра стандартизации и методологии технического регулирования АО «ВНИКТИ», заведующая кафедрой автоматизации производства и информационных технологий Коломенского института (филиала) Московского политехнического университета, ул. Октябрьской революции, 410, Коломна, Московская область, Российская Федерация, 140402, тел. +7(496)618-16-33; e-mail: belovae@vnikti.com

Максим Игоревич Потапов – заведующий лабораторией надежности АО «ВНИКТИ», ул. Октябрьской революции, 410, Коломна, Московская область, Российская Федерация, 140402, тел. +7(496)618-82-18, доб. 11-98; e-mail: potapovm@vnikti.com

Вклад авторов в статью

Вклад авторов заключается в анализе основной применяемой в области надежности терминологии, установленной межгосударственными стандартами, применительно к железнодорожному транспорту и в сравнении двух классификаций, которые используются в ОАО «РЖД» для оценки надежности технических средств и железнодорожного тягового подвижного состава. Для обоснованного определения требований надежности к железнодорожному ТПС авторами предложено решение, позволяющее комбинировать использование двух классификаций отказов. Вклад авторов равный.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.