

УДК 629.4.014

Проблематика оценки ресурса и усталостной прочности при постановке на производство инновационного подвижного состава

А. А. Комайданов¹, А. Н. Смирнов², М. В. Зверев¹

¹Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Российская Федерация, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

²АО «НВЦ «Вагоны», Российская Федерация, 190013, Санкт-Петербург, пр-кт Московский, 22, литера М

Для цитирования: Комайданов А. А., Смирнов А. Н., Зверев М. В. Проблематика оценки ресурса и усталостной прочности при постановке на производство инновационного подвижного состава // Бюллетень результатов научных исследований. — 2023. — Вып. 4. — С. 112-123. DOI: 10.20295/2223-9987-2023-4-112-123

Аннотация

Цель: Описана следующая проблема, возникающая при проведении ресурсных испытаний вагонов: в требованиях п. 3.17 Положения о системе технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов, допущенных в обращение на железнодорожные пути общего пользования в международном сообщении (СТОИР) при назначении срока службы вагона, отличного от указанного в документе, необходимо проведение ресурсных испытаний вагона *до разрушения*. Но поскольку в конструкции заложен запас, то при одном и том же нормативном спектре воздействий расчетное число циклов до разрушения превосходит количество циклов при ресурсных испытаниях в 2–10 раз, в зависимости от выбранного коэффициента запаса сопротивления усталости конструкции 1,15–1,8. Таким образом, если полученные расчетным путем результаты достоверны, то ресурсные испытания до разрушения будут проходить при количестве циклов и повреждений, большем в 2–10 раз, чем определено ГОСТ 33788. Ресурсные испытания обладают высокой степенью достоверности, так как проводятся на натуральных образцах и при реальном эксплуатационном нагружении, исключением может являться проведение испытаний на макетах, в этом случае имеет смысл вводить запас на «ненатурность» образца и его нагружения. **Методы:** Рассмотрены пути снижения коэффициента запаса сопротивления усталости; произведен анализ нормативных документов, требования которых приводят к превышению расчетного числа циклов до разрушения над количеством циклов при ресурсных испытаниях до 10 раз. **Результаты:** Предложен ряд действий, позволяющих решить проблему, возникающую при проведении испытаний груженых грузовых вагонов, включая инновационные, на ресурс при соударении. **Практическая значимость:** Использование рекомендуемого ряда действий позволит исключить превышение расчетного числа циклов до разрушения над количеством циклов при ресурсных испытаниях до 10 раз, что значительно сократит временные и финансовые вложения в процесс проведения данных испытаний.

Ключевые слова: Сопротивление усталости, ресурс вагона, постановка на производство, коэффициент запаса сопротивления усталости, инновационный подвижной состав.

Введение

Одной из важнейших задач вагоностроителей при проектировании вагонов является снижение коэффициента тары вагона, который рассчитывается как отношение массы тары вагона к его грузоподъемности. Грузоподъемность вагона

ограничена в большей степени осевой нагрузкой и, соответственно, числом осей вагона, в то время как снижение массы тары вагона возможно несколькими путями: выбор рациональной конструктивной схемы вагона; применение при производстве вагонов новых материалов (алюминиевые сплавы, композитные материалы и так далее); оптимальный выбор коэффициента запаса сопротивления усталости при разработке новых единиц подвижного состава [1].

При снижении коэффициента запаса сопротивления усталости возможно уменьшение массы тары вагона за счет сокращения металлоемкости конструкции вагона. С другой стороны, указанный выше коэффициент ограничен действующими нормативными документами [2, 3]. Минимальные коэффициенты запаса сопротивления усталости несущей конструкции, в соответствии с ГОСТ 33211 и Нормами для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) (далее — Нормы), представлены в табл. 1 и 2 соответственно [4, 5].

ТАБЛИЦА 1. Допустимые коэффициенты запаса сопротивления усталости несущей конструкции в соответствии с ГОСТ 33211

Вариант	Метод определения приведенной амплитуды	Коэффициент запаса сопротивления усталости несущей конструкции, не менее	
		кузова вагонов	тележки, сцепные устройства
А	Испытания	1,15	1,30
Б	Расчет	1,20	1,40
В		1,50	1,80

ТАБЛИЦА 2. Допустимые коэффициенты запаса сопротивления усталости в соответствии с Нормами

Вариант	Исходные условия расчета	Значение $[n]^*$
А	При использовании статически надежных экспериментальных данных по пределу выносливости, при доверительной вероятности $P = 0,95$ и надежных экспериментальных данных по эксплуатационной нагруженности детали	1,3
		1,4
		1,5
		1,7
Б	При использовании статически надежных экспериментальных данных по пределу выносливости, при доверительной вероятности $P = 0,95$ и приближенных по эксплуатационной нагруженности детали, определяемых расчетным путем по установленным нормативам динамических сил, либо при использовании средневероятных данных по пределу выносливости ($P = 0,5$) и надежных экспериментальных данных по эксплуатационной нагруженности	1,5
		1,6
		1,7
		1,9
В	При использовании приближенных данных по пределу выносливости, определяемых расчетным путем или экспертной оценкой при $P = 0,5$, и приближенных данных по эксплуатационной нагруженности, определяемых расчетным путем по установленным нормативам динамических сил	1,8
		2,0
		2,1
		2,2

*В вариантах условий расчета А, Б и В значения допускаемых коэффициентов запаса относятся: первое — к элементам кузовов всех типов; второе — к тележкам, сцепным и тормозным устройствам грузовых и изотермических вагонов; третье — к тележкам, сцепным, переходным и тормозным устройствам пассажирских вагонов; четвертое — к колесным парам и их связям с рамой тележки вагонов всех типов.

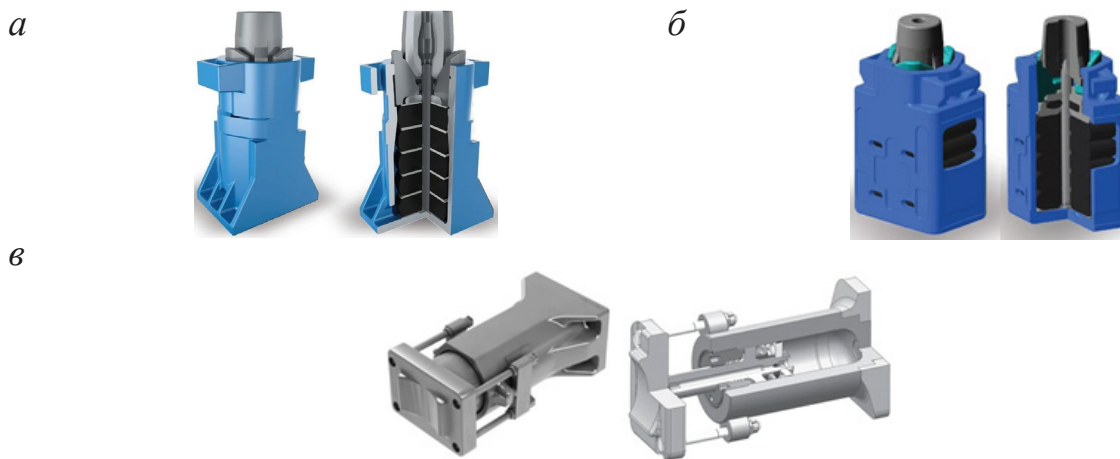


Рис. 1. Современные аппараты поглощающие для грузовых вагонов:
a — класса Т1; *б* — класса Т2; *в* — класса Т3

Существует несколько вариантов путей снижения металлоемкости конструкции грузовых вагонов. Один из возможных вариантов — это применение на грузовых вагонах, включая инновационные, современных энергоемких аппаратов поглощающих класса Т2 и выше.

Как известно, аппарат поглощающий представляет собой устройство, конструктивно входящее в состав автосцепного устройства единиц подвижного состава и предназначенное для поглощения энергии и демпфирования продольных усилий, действующих на подвижной состав.

Все аппараты поглощающие грузового подвижного состава имеют один общий параметр — установочные размеры, которые должны соответствовать требованиям ГОСТ 3475 [6]. В остальном — имеют различия как по методу гашения энергии удара, так и конструктивно. По методу поглощения кинетической энергии, возникающей от действия продольных усилий, оказывающих влияние на подвижной состав, различают следующие типы аппаратов поглощающих: фрикционные (поглощение энергии происходит за счет фрикционного трения); гидравлические (принцип работы основан на перетекании рабочей жидкости по одноименным камерам); эластомерные (в основе аппарата — эластомер, обладающий высокой вязкостью и эластичными свойствами); аппараты из упругих элементов (преобразование энергии происходит за счет деформации упругих частей); комбинированные (применение в аппарате поглощающем более одного из вышеперечисленных способов гашения энергии) [7, 8].

В соответствии с ГОСТ 32913 для грузовых вагонов по эксплуатационно-техническим показателям выделяют три класса (группы) аппаратов поглощающих: Т1 — предназначены для установки на грузовые вагоны, перевозящие все основные виды грузов, кроме опасных (номинальная энергоемкость аппарата — не менее 70 кДж) (рис. 1, *a*); Т2 — предназначены для установки на грузовые вагоны, перевозящие ценные грузы, а также грузы некоторых классов опасности (номинальная

энергоёмкость аппарата — не менее 100 кДж) (рис. 1, б); Т3 — предназначены для установки на грузовые вагоны, перевозящие особо опасные грузы (номинальная энергоёмкость аппарата — не менее 140 кДж) (рис. 1, в) [9].

Установка на грузовой вагон, особенно инновационный, аппаратов поглощающих класса не ниже Т2 позволяет существенно снизить продольные усилия, действующие на раму вагона при соударении/рывке (в соответствии с ГОСТ 33211 допускается принимать значение продольной силы 2,5 МН, вместо установленной 3,5 МН, при применении аппарата поглощающего класса Т1). В связи с этим становится возможным снизить действующий нормативный спектр в случае применения поглощающего аппарата большей энергоёмкости либо при проектировании новых вагонов принимать меньший коэффициент запаса сопротивления усталости, уменьшая тем самым профиль конструктивных элементов вагона, что неизбежно приведет к уменьшению объема используемого металла, а следовательно, и массы тары вагона. Вместе с тем масса тары вагона и ее снижение является одним из показателей инновационности для новых грузовых вагонов в соответствии с [10].

Однако при применении аппарата поглощающего класса не ниже Т2, с целью снижения продольных усилий и металлоёмкости, возникает следующая проблема: Нормы предусматривают для грузовых вагонов основных типов (согласно I расчетному режиму) максимальную продольную силу, при соударении вагонов, величиной 3,5 МН вне зависимости от класса аппарата поглощающего, установленного на вагон (и, соответственно, имеют только один спектр) [5]. Так как при проектировании и расчете вагонов на прочность оценка прочности конструкции на данный момент производится на соответствие двум основным нормативным документам: ГОСТ 33211 и Нормам (через ГОСТы на грузовые вагоны, которые, в свою очередь, ссылаются на действующие Нормы). При этом возникает ситуация, при которой использование аппарата поглощающего класса не ниже Т2 на грузовых вагонах становится бессмысленным, так как требования к величинам продольных усилий при соударении вагонов в указанных выше документах разнятся. В связи с вышесказанным снижение коэффициента запаса сопротивления усталости за счет применения более высокого класса аппарата поглощающего оказывается невозможным на данный момент. Ко всему прочему и спектров для аппаратов поглощающих класса выше Т2 тоже пока нет, но если бы спектр продольных действующих через сцепное устройство сил появился в нормативных документах по проектированию и испытаниям грузового подвижного состава, то этот факт дал бы новый толчок в развитии грузового подвижного состава. Это позволило бы создавать грузовые вагоны, спроектированные с учетом сниженных продольных нагрузок, за счет применения поглощающих аппаратов класса Т3 и выше, а также позволило бы расширить модельный ряд поглощающих аппаратов повышенной энергоёмкости и удешевить их стоимость за счет увеличившегося на них спроса при строительстве и модернизации грузовых вагонов.

Постановка задачи

В требованиях п. 3.17 положения о системе технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов, допущенных в обращение на железнодорожные пути общего пользования в международном сообщении (СТОИР) при назначении срока службы вагона, отличного от указанного в документе, необходимо проведение ресурсных испытаний вагона при соударении или его наиболее нагруженных узлов, лимитирующих назначенный срок службы (шкворневой узел, узел заделки стойки и т. п.), до разрушения (после чего образец должен быть утилизирован) [10, 11]. Но поскольку в конструкции заложен запас на сопротивление усталости (табл. 1), то при одном и том же нормативном спектре воздействий расчетное число циклов до разрушения превосходит количество циклов при ресурсных испытаниях в 2–10 раз, в зависимости от выбранного коэффициента запаса сопротивления усталости конструкции 1,15–1,8. Вышеизложенное говорит о том, что если полученные расчетным путем результаты достоверны, то ресурсные испытания до разрушения будут проходить при количестве циклов и повреждении в 2–10 раз больше, чем определено ГОСТ 33788. Поскольку ресурсные испытания максимально приближены по характеру воздействия к эксплуатационным нагрузкам и проводятся чаще всего на натуральных образцах изделий, то запас на ошибки, связанные с имитацией нагрузок или подбором испытываемых образцов, минимальны вследствие высокой достоверности испытаний. Именно это дает возможность проводить исследования до накопления расчетного усталостного повреждения согласно нормативному спектру без учета запаса при его определении.

Решение

В качестве доказательной базы для п. 15 технического регламента Таможенного союза «О безопасности железнодорожного подвижного состава» (ТР ТС 001/2011) «Выбранные проектировщиком (разработчиком) конструкции железнодорожного подвижного состава и его составных частей должны быть безопасны в течение назначенного срока службы и (или) до достижения назначенного ресурса, в течение назначенного срока хранения, а также выдерживать воздействия и нагрузки, которым они могут подвергаться в процессе эксплуатации» [12], представлен ГОСТ 33788—2016 согласно перечню международных и региональных (межгосударственных) стандартов, в том числе правила отбора образцов, необходимые для применения и исполнения требований ТР ТС 001/2011 и осуществления оценки соответствия объектов технического регулирования, утвержденный Решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 29 марта 2022 г. № 48.

Пункты 8.7 и 9.8 ГОСТ 33788—2016, посвященные испытаниям на ресурс при соударении, не предполагают испытаний до разрушения, а сам термин

«разрушение» упоминается только совместно с термином «потеря несущей способности». Согласно п. 8.7.5 ГОСТ 33788—2016 число соударений должно соответствовать расчетному ресурсу несущей конструкции вагона или ее составной части [13].

Если углубиться в терминологию п. 3.17 СТОИР, то в ГОСТ 27.001—95 «Надежность в технике» в разделе «Основные положения» и ГОСТ 32192—2013 «Надежность в железнодорожной технике. Основные понятия. Термины и определения» такой термин, как «разрушение», отсутствует (в данном случае применяется термин «предельное состояние»), и критерии установления наиболее нагруженных узлов, ограничивающих назначенный срок службы (узлы заделок стоек, шкворневые узлы и т. п.), в нормативных документах также не обозначены [14].

Таким образом, при проведении испытаний грузовых вагонов на ресурс при соударении техническая возможность продолжить испытания до наступления разрушения есть, но полученный при этих дополнительных испытаниях результат не может быть применим, так как расчетный срок службы вагона назначается не по результатам испытаний, а согласно установленным нормативам для различных типов грузовых вагонов и периодов освидетельствования входящего в их комплект оборудования. Немаловажным также является и то, что в случае большого запаса по сопротивлению усталости базовых (лимитирующих назначенный срок службы) элементов конструкции значительно увеличатся затраты на проведение ресурсных испытаний, результаты которых, как было указано выше, не могут быть использованы. В случае с инновационным подвижным составом, который имеет больший срок службы в сравнении с остальными вагонами, значительно увеличивается стоимость испытаний и сроки постановки продукции на производство.

Соответствующее требование в СТОИР возникло в связи с тем, что были попытки обоснования срока службы вагонов посредством расчетов на сопротивление усталости и экспертных оценок на основе опыта эксплуатации аналогичного подвижного состава, и все это вместо реальных экспериментальных оценок показателей циклической долговечности конструкции грузовых вагонов по результатам ресурсных испытаний при соударении по стандартам, включенным в доказательную базу технических регламентов, а также наблюдались попытки использовать в эксплуатации образцы, уже прошедшие ресурсные испытания, без соответствующих разрешений. В дополнение к вышеизложенному не исключена и вероятность фальсификации испытаний со стороны недобросовестных и аффилированных с собственником вагонов испытательных центров, а наличие разрушений усталостного характера на опытном образце практически исключает возможность этого.

Так как оба показателя (коэффициент запаса сопротивления усталости, ресурс) связаны с накоплением усталостных повреждений в конструкции при эксплуатации, возникает необходимость оценки запаса сопротивления усталости

объекта по результатам ресурсных испытаний, которая может быть проведена только для случаев, когда основным деградиационным процессом при эксплуатации является накопление усталостных повреждений.

Деградиационные процессы, связанные с износом и коррозией, возникают в основном в небазовых элементах кузова (элементы обшивки, промежуточные балки и так далее) или в сменных узлах вагона (ходовая часть, сцепное устройство, пятник, подпятник и тому подобное).

У подвижного состава железных дорог в основном деградиационные процессы связаны с накоплением усталостных повреждений в базовых несущих элементах, повреждение которых приводит к наступлению предельного состояния для подвижного состава в целом.

Как, например, при испытаниях на ресурс при соударении, проводимых по пп. 8.7, 9.8 ГОСТ 33788—2016, величина суммарного повреждения, накопленного при испытаниях, определяется как сумма возведенных в степень m усилий соударения, действующих через сцепное устройство на грузовой вагон:

$$D_u(n) = \sum_{i=1}^n (F_{1,i}^m + F_{2,i}^m), \quad (1)$$

где $D_u(n)$ — суммарное накопленное повреждение;

i — порядковый номер соударения;

n — число соударений;

$F_{1,i}, F_{2,i}$ — максимальные продольные силы, действующие в автосцепке со стороны вагона-бойка при соударении с испытуемым вагоном и при соударении сцепа вагона-бойка и испытуемого вагона с вагонами подпора соответственно.

Расчетное повреждение, накопленное вагоном в эксплуатации, определяется:

$$D_{\text{расч}} = N_{\text{расч}} \sum_k p_k \cdot F_k^m, \quad (2)$$

где $D_{\text{расч}}$ — расчетное повреждение;

p_k — вероятность возникновения силы;

m — показатель степени кривой усталости (принимают $m = 4$);

$N_{\text{расч}}$ — расчетное число действия сил соударения.

В пп. 8.7, 9.8 ГОСТ 33788—2016 нет упоминания, что m — это степень кривой усталости, и накопленные в испытаниях и эксплуатации повреждения не называют усталостными. Очевидно, что описанный в них метод суммирования полностью базируется на уравнении кривой усталости с показателем m и гипотезе о линейном суммировании повреждений.

Аналогичным образом производится определение величины воздействия в эксплуатации при оценке усталостной прочности подвижного состава по

результатам ходовых прочностных испытаний при определении приведенной эквивалентной амплитуды динамического напряжения, которую определяют:

$$\sigma_{a,\varepsilon} = m_1 \sqrt{\frac{1}{N_0} \left(\sum n_i \sigma_{a,i}^{m_1} + \sigma_{a,N}^{(m_1-m_2)} \sum n_j \sigma_{a,j}^{m_2} \right)}, \quad (3)$$

где $\sigma_{a,N}$ — предел выносливости по амплитуде по напряжениям, при базовом числе циклов $N_0 = 10^7$;

m_1 — показатель степени первой ветви кривой выносливости, для литых деталей принимают $m_1 = 4$;

$\sigma_{a,i}$ — амплитуда динамического напряжения $\sigma_{a,i} \geq \sigma_{a,N}$;

n_i — количество циклов амплитуд динамического напряжения $\sigma_{a,i}$;

$\sigma_{a,j}$ — амплитуда динамического напряжения $\sigma_{a,j} < \sigma_{a,N}$;

n_j — количество циклов амплитуд динамического напряжения $\sigma_{a,j}$.

Заключение

В связи с вышеизложенным предлагается:

Для применения меньшего коэффициента запаса сопротивления усталости в качестве одного (основного) документа для оценки прочности конструкции вагонов и их узлов использовать ГОСТ 33211, в котором учтено использование современных энергоемких аппаратов поглощающих, либо переиздать Нормы, в новом издании которых учесть снижение действия продольных нагрузок при соударении с 3,5 МН до 2,5 МН, при использовании в конструкции вагона аппаратов поглощающих класса не ниже Т2. А также дополнить упомянутые нормативные документы спектрами для аппаратов поглощающих классов выше Т2.

Для ресурсных испытаний на макетах ввести коэффициент запаса, учитывающий отличие натурального образца от макета и его неэксплуатационные нагружения.

Отсутствующий в стандартах по надежности термин «разрушение» в СТОИР рассматривать как термин «предельное состояние» (*en limiting state*) — техническое состояние объекта, в котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна либо восстановление его работоспособного состояния невозможно или нецелесообразно (ГОСТ 27.002—2015). Техническое состояние объекта после проведения испытаний на ресурс при соударении до выработки расчетного (для соответствующего количества лет) повреждения считать предельным состоянием, так как его дальнейшая эксплуатация недопустима в связи с тем, что его остаточный ресурс неизвестен.

Синхронизировать нормативную документацию в части коэффициента запаса сопротивления усталости в сторону его снижения, с учетом достоверности способа получения данных, так как эксплуатационные спектры снижаются

по величине механического воздействия, а методы оценки показателей совершенствуются с уменьшением величины неопределенности при измерениях.

В п. 9.8 ГОСТ 33788 «Испытания на ресурс при соударении» указать природу происхождения показателя степени $m = 4$.

После накопления соответствующих расчетным данным в годах усталостных повреждений единицей подвижного состава (объекта испытаний) должен быть составлен акт, подтверждающий предельное состояние объекта после испытаний на ресурс при соударении, который должен являться основанием для утилизации объекта в установленном порядке.

Библиографический список

1. Бороненко Ю. П. Выбор конструктивных решений элементов вагонов с малой массой тары / Ю. П. Бороненко, И. О. Филиппова // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. — 2017. — № 3(69).
2. Сенько В. И. Особенности определения коэффициента запаса сопротивления усталости конструкций подвижного состава / В. И. Сенько, С. В. Макеев, В. В. Комиссаров и др. // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: наука и транспорт. — 2018. — № 1(36). — С. 5–9.
3. Сенько В. И. Методические основы определения коэффициента запаса сопротивления усталости при натуральных испытаниях подвижного состава / В. И. Сенько, С. В. Макеев, В. В. Комиссаров и др. // Вестник Белорусского государственного университета Транспорта: наука и транспорт. — 2018. — № 1(36). — С. 5–9.
4. ГОСТ 33211—2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам (с поправкой, с Изменением № 1). Официальное издание. — М.: Стандартиформ, 2020.
5. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных), ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996 (с дополнениями и изменениями на момент разработки).
6. ГОСТ 3475—81. Устройство автосцепное подвижного состава железных дорог колеи 1520 (1524) мм. Установочные размеры (с Изменениями № 1 и № 2). Официальное издание.
7. Болдырев А. П. Основные тенденции разработки и внедрения новых конструкций поглощающих аппаратов автосцепки грузовых вагонов / А. П. Болдырев, Д. А. Ступин, А. М. Гуров // Известия Петербургского университета путей сообщения. — 2018. — № 1.
8. Болдырев А. П. Оценка параметрической надежности поглощающих аппаратов с учетом эксплуатационных факторов / А. П. Болдырев, П. Д. Жиров, В. В. Ионов // Известия Петербургского университета путей сообщения. — 2017. — № 4.
9. ГОСТ 32913—2014. Аппараты поглощающие сцепных и автосцепных устройств железнодорожного подвижного состава. Технические требования и правила приемки (Переиздание). Официальное издание. — М.: Стандартиформ, 2019.
10. Отраслевой стандарт СТО РЖД 10.002—2015. Вагоны грузовые инновационные. Правила оценки экономической эффективности, утв. Распоряжением ОАО «РЖД» от 26 апреля 2016 г. № 768р.
11. Положение о системе технического обслуживания и ремонта грузовых вагонов, допущенных в обращение на железнодорожные пути общего пользования в международном сооб-

щении. Утверждено Советом по железнодорожному транспорту государств — участников Содружества протокол № 57 от 16–17 октября 2021 г.

12. ТР ТС 001/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности железнодорожного подвижного состава» (с изменениями на 25 ноября 2022 года). — URL: www.tsouz.ru.

13. ГОСТ 33788—2016. Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и динамические качества (с Изменением № 1). Официальное издание. — М.: Стандартинформ, 2016.

14. Бороненко Ю. П. Введение показателей энергоэффективности грузовых вагонов — резерв энергосбережения на железнодорожном транспорте / Ю. П. Бороненко, А. А. Комайданов // Железнодорожный транспорт. — 2023 — № 6.

Дата поступления: 15.09.2023

Решение о публикации: 10.11.2023

Контактная информация:

КОМАЙДАНОВ Алексей Андреевич — аспирант, инженер кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство»; komaidanovnvc@yandex.ru

СМИРНОВ Анатолий Николаевич — начальник испытательного центра; smirnovnvc@mail.ru

ЗВЕРЕВ Михаил Владимирович — канд. техн. наук, доц.; zverev-nvc@yandex.ru

The Problems of Assessing the Resource and Fatigue Strength during the Production of Innovative Rolling Stock

A. A. Komaidanov¹, A. N. Smirnov², M. V. Zverev¹

¹Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russian Federation

²JSC “NVC “Vagony”, 22, litera M, pr-kt Moskovsky, Saint Petersburg, 190013, Russian Federation

For citation: Komaidanov A. A., Zverev M. V., Smirnov A. N. The Problems of Assessing the Resource and Fatigue Strength during the Production of Innovative Rolling Stock. *Bulletin of scientific research results*, 2023, iss. 4, pp. 112-123. (In Russian) DOI:10.20295/2223-9987-2023-4-112-123

Summary

Purpose: In accordance with the requirements of section 3.17 of the Regulations on the System of Maintenance and Repair of Freight Cars Admitted to Operation on General-Use Railway Tracks in International Traffic (STOIR), when assigning a service life for a car different from that specified in the document, it is necessary to conduct resource tests of the car until destruction. But since there is a reserve in the structure, then with the same regulatory spectrum of impacts, the estimated number of cycles until destruction exceeds the number of cycles during resource tests by 2-10 times, depending on the selected coefficient of the fatigue resistance of the structure 1.15-1.8. Thus, if the results obtained by calculation are reliable, then the resource tests until destruction will take place with the number of cycles and damage 2-10 times greater than defined by GOST 33788. Resource tests have a high degree of reliability, as they are carried out on natural samples and under real operational loads. The exception may be testing on prototypes; in such cases, it makes sense to introduce a margin for the ‘non-naturality’ of the sample and its loading. **Methods:** Ways to reduce the safety factor for

fatigue resistance have been explored. An analysis of regulatory documents, the requirements of which lead to exceeding the calculated number of cycles until failure over the number of cycles in resource tests by up to 10 times, has been conducted. **Results:** A series of actions, including innovative approaches, has been proposed to address the issue arising during the testing of loaded freight cars on the resource during collisions. **Practical significance:** The implementation of the recommended series of actions will eliminate the exceedance of the calculated number of cycles until destruction over the number of cycles in resource tests by up to 10 times. This will significantly reduce the time and financial investments in the process of conducting these tests.

Keywords: Fatigue resistance, wagon life, launching into production, fatigue resistance reserve coefficient, innovative rolling stock.

References

1. Boronenko Yu. P., Filippova I. O. Vybor konstruktivnykh resheniy elementov vagonov s maloy massoy tary [Selection of design solutions for elements of cars with low tare weight]. *Nauka i progress transporta. Vestnik Dnepropetrovskogo natsional'nogo universiteta zheleznodorozhnogo transporta* [Science and progress of transport. Bulletin of the Dnepropetrovsk National University of Railway Transport]. 2017, Iss. 3(69). (In Russian)
2. Sen'ko V. I., Makeev S. V., Komissarov V. V. et al. Osobennosti opredeleniya koeffitsienta zapasa soprotivleniya ustalosti konstruksiy podvizhnogo sostava [Features of determining the fatigue safety factor of rolling stock structures]. *Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta transporta: nauka i transport* [Bulletin of the Belarusian State University of Transport: science and transport]. 2018, Iss. 1(36), pp. 5–9. (In Russian)
3. Sen'ko V. I., Makeev S. V., Komissarov V. V. et al. Metodicheskie osnovy opredeleniya koeffitsienta zapasa soprotivleniya ustalosti pri naturnykh ispytaniyakh podvizhnogo sostava [Methodological basis for determining the safety factor of fatigue resistance during full-scale testing of rolling stock]. *Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta Transporta: nauka i transport* [Bulletin of the Belarusian State University of Transport: science and transport]. 2018, Iss. 1(36), pp. 5–9. (In Russian)
4. GOST 33211—2014. Vagony gruzovye. Trebovaniya k prochnosti i dinamicheskim kachestvam (s popravkoy, s Izmeneniyem № 1). Ofitsial'noe izdanie [GOST 33211—2014. Freight cars. Requirements for strength and dynamic properties (as amended, with Change No. 1). Official publication]. Moscow: Standartinform Publ., 2020. (In Russian)
5. Normy dlya rascheta i proektirovaniya vagonov zheleznykh dorog MPS kolei 1520 mm (nesamokhodnykh), GosNIIV-VNIIZhT, 1996 (s dopolneniyami i izmeneniyami na moment razrabotki) [Standards for the calculation and design of 1520 mm gauge railway cars of the Ministry of Railways (non-self-propelled), GosNIIV-VNIIZhT, 1996 (with additions and changes at the time of development)]. (In Russian)
6. GOST 3475—81. Ustroystvo avtostsepnogo podvizhnogo sostava zheleznykh dorog kolei 1520 (1524) mm. Ustanovochnye razmery (s Izmeneniyami № 1 i № 2). Ofitsial'noe izdanie [GOST 3475-81. Automatic coupling device for rolling stock of 1520 (1524) mm gauge railways. Installation dimensions (with Changes No. 1 and No. 2). Official publication]. (In Russian)
7. Boldyrev A. P., Stupin D. A., Gurov A. M. Osnovnye tendentsii razrabotki i vnedreniya novykh konstruksiy pogloshchayushchikh apparatov avtostseпки gruzovykh vagonov [Main trends in the development and implementation of new designs of draft gears for automatic couplers of freight cars]. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya* [News of the St. Petersburg University of Railway Transport]. 2018, Iss. 1. (In Russian)

8. Boldyrev A. P., Zhiron P. D., Ionov V. V. Otsenka parametricheskoy nadezhnosti pogloshchayushchikh apparatov s uchetom ekspluatatsionnykh faktorov [Assessing the parametric reliability of draft gears taking into account operational factors]. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya* [News of the St. Petersburg University of Railway Transport]. 2017, Iss. 4. (In Russian)

9. GOST 32913—2014. *Apparaty pogloshchayushchie stsepnnykh i avtostsepnnykh ustroystv zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava. Tekhnicheskie trebovaniya i pravila priemki (Pereizdanie). Ofitsial'noe izdanie* [GOST 32913—2014. Absorbing devices for coupling and automatic couplers of railway rolling stock. Technical requirements and acceptance rules (Reprint). Official publication]. Moscow: Standartinform Publ., 2019. (In Russian)

10. *Otrasevyy standart STO RZhD 10.002—2015. Vagony gruzovye innovatsionnye. Pravila otsenki ekonomicheskoy effektivnosti, utv. Rasporyazheniem OAO “RZhD” ot 26 aprelya 2016 g. № 768r* [Industry standard STO Russian Railways 10.002—2015. Freight cars are innovative. Rules for assessing economic efficiency, approved. By order of JSC Russian Railways dated April 26, 2016 № 768r]. (In Russian)

11. *Polozhenie o sisteme tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta gruzovykh vagonov, dopushchennykh v obrashchenie na zheleznodorozhnye puti obshchego pol'zovaniya v mezhdunarodnom soobshchenii. Utverzhdeno Sovetom po zheleznodorozhnomu transportu gosudarstv — uchastnikov Sodruzhestva protokol № 57 ot 16–17 oktyabrya 2021 g.* [Regulations on the system of maintenance and repair of freight cars allowed for circulation on public railway tracks in international traffic. Protocol № 57 dated October 16–17, 2021 was approved by the Council on Railway Transport of the Commonwealth member states]. (In Russian)

12. *TR TS 001/2011. Tekhnicheskiy reglament Tamozhennogo soyuza “O bezopasnosti zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava” (s izmeneniyami na 25 noyabrya 2022 goda)* [TR TS 001/2011. Technical Regulations of the Customs Union “On the safety of railway rolling stock” (as amended on November 25, 2022)]. Available at: www.tsouz.ru. (In Russian)

13. GOST 33788—2016. *Vagony gruzovye i passazhirskie. Metody ispytaniy na prochnost' i dinamicheskie kachestva (s Izmeneniyem № 1). Ofitsial'noe izdanie* [GOST 33788—2016. Freight and passenger cars. Test methods for strength and dynamic qualities (with Change No. 1). Official publication]. Moscow: Standartinform Publ., 2016. (In Russian)

14. Boronenko Yu. P., Komaydanov A. A. Vvedenie pokazateley energoeffektivnosti gruzovykh vagonov — rezerv energosberezheniya na zheleznodorozhnom transporte [Introduction of energy efficiency indicators for freight cars — a reserve of energy saving in railway transport]. *Zheleznodorozhnyy transport* [Railway transport]. 2023, Iss. 6. (In Russian)

Received: September 15, 2023

Accepted: November 10, 2023

Author's information:

Aleksey A. KOMAIDANOV — Postgraduate Student, Engineer of the Department of “Wagons and Carriage Facilities”; komaidanovnc@yandex.ru

Anatoly N. SMIRNOV — Head of the Testing Center; smirnovnc@mail.ru

Mikhail V. ZVEREV — PhD in Engineering, Associate Professor; zverev-nvc@yandex.ru