

Исследование эксплуатационных отказов длиннобазных вагонов-платформ



Л. В. Цыганская,
канд. техн. наук,
заместитель генерального
директора — главный
конструктор НИИ
АО «НВЦ „Вагоны“»,



Д. Г. Бейн,
канд. техн. наук,
заместитель главного
конструктора НИИ
АО «НВЦ „Вагоны“»

Наиболее эффективным видом подвижного состава для перевозки контейнеров являются длиннобазные вагоны-платформы (вагоны-платформы увеличенной длины), которые широко эксплуатируются на колее 1520. При этом вопрос обеспечения усталостной прочности данного типа подвижного состава требует особого подхода к его проектированию и испытаниям.

Основные требования к проектированию установлены «Нормами...» [1] и ГОСТ 33211 [2], а к испытаниям на сопротивление усталости — в методике испытаний 2006 г. [3]. Для выявления потен-

циально опасных зон в конструкции вагонов-платформ с базой не менее 17 м на основе статистических данных ОАО «РЖД» проведены исследования эксплуатационных отказов в части возникновения трещин.

При этом отобраны данные по отказам за 2010–2020 гг. длиннобазных вагонов-платформ, предназначенных для перевозки крупнотоннажных контейнеров, с различными типами конструкции рамы (рис. 1, табл. 1).

Рассматривались неисправности несущих элементов рам вагонов-платформ увеличенной длины, подлежащие устранению в текущем отцепочном ремонте в соответствии с «Перечнем неисправностей грузовых вагонов...» [4]. Неисправности (код) и их обозначения:

- 603 — трещина в узлах сочленения хребтовой и шкворневой балок рамы вагона;
- 609 — трещина, переходящая с горизонтальной на вертикальную полку балок рамы вагона;
- 610 — продольная трещина длиной более 300 мм в балках рамы вагона;
- 612 — вертикальная/продольная наклонная трещина, проходящая более чем через одно отверстие для болтов или заклепок;

Таблица 1. Основные технические параметры рассмотренных вагонов-платформ

Тип рамы вагона-платформы	Параметр				
	Тара _{тах} , т	Грузоподъемность, т	Длина по осям сцепления автосцепок, м	База вагона, м	Осевая нагрузка, т/ось
С хребтовой балкой	25,0	69,0	25,38	19,0	23,5
	26,0	68,0	25,72	19,7	23,5
	25,0	69,0	25,22	18,65	23,5
	25,5	68,5	25,70	19,5	23,5
	25,0	69,0	25,72	19,7	23,5
	25,6	28,0	25,22	19,0	23,5
	25,0	69,0	25,22	19,0	23,5
	24,5	69,5	25,62	19,0	23,5
	26,8	67,0	25,22	19,0	23,5
	32,0	62,0	26,22	20,0	23,5
Без хребтовой балки	22,8	71,2	25,62	18,5	23,5
	24,0	70,0	25,69	18,4	23,5
	25,0	69,0	26,22	19,0	23,5
	24,5	69,5	25,69	18,5	23,5
	24,0	70,0	25,69	19,0	23,5
	25,0	69,0	25,69	18,5	23,5

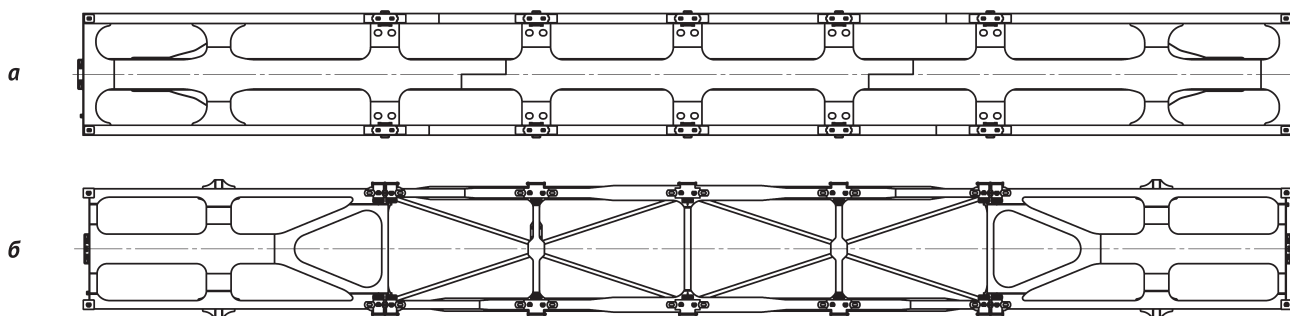


Рис. 1. Примеры схем рам длиннобазных вагонов-платформ: а – рама с хребтовой балкой; б – рама без хребтовой балки

- 613 — длина вертикальной/наклонной трещины, на одной стенке более 100 мм между концами трещины;
- 615 — трещина/излом верхнего/вертикального листа поперечной балки рамы;
- 616 — излом/трещина промежуточных балок;
- 621 — трещина концевых балок;
- 622 — излом концевых балок.

По результатам анализа статистических данных неисправностей несущих элементов рам длиннобазных вагонов-платформ установлено:

- трещина, переходящая с горизонтальной на вертикальную полку балок рамы вагона (код 609), составляет 71% от числа выявленных неисправностей несущих элементов рам вагонов-платформ;
- трещина в узлах сочленения хребтовой и шкворневой балок рамы вагона (код 603) — 19%;
- трещина концевых балок (код 621) — 3%;
- длина вертикальной / наклонной трещины, на одной стенке более 100 мм между концами трещины (код 613) — 3%;
- продольная трещина длиной более 300 мм в балках рамы вагона (код 610) — 2%;
- вертикальная/продольная наклонная трещина, проходящая более чем через одно отверстие для болтов или заклепок (код 612), — менее 1%;
- трещина/излом верхнего/вертикального листа поперечной балки рамы (код 615) — менее 1%;
- излом/трещина промежуточных балок (код 616) — менее 1%;
- излом концевых балок (код 622) — менее 1%.

На рис. 2 приведена диаграмма распределения неисправностей несущих элементов рам вагонов-платформ увеличенной длины. В табл. 2 представлено распределение неисправностей в зависимости от типа конструкции рамы вагонов-платформ увеличенной длины.

На рис. 3 представлены диаграммы распределения неисправностей несущих элементов рам вагонов-платформ увеличенной длины с хребтовой балкой и без нее.

Таким образом, установлено, что зона возникновения трещин в рамах длиннобазных вагонов-платформ, предназначенных для перевозки крупнотоннажных контейнеров, зависит от типа конструк-

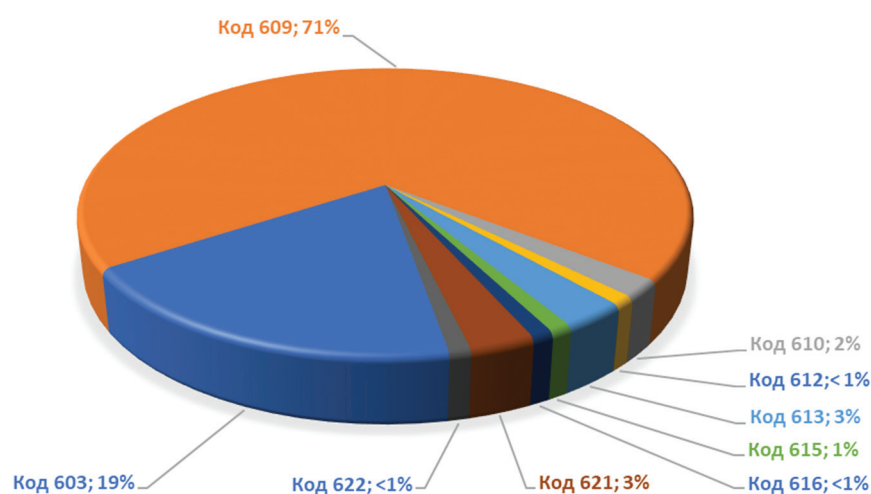


Рис. 2. Распределение неисправностей несущих элементов рам вагонов-платформ увеличенной длины

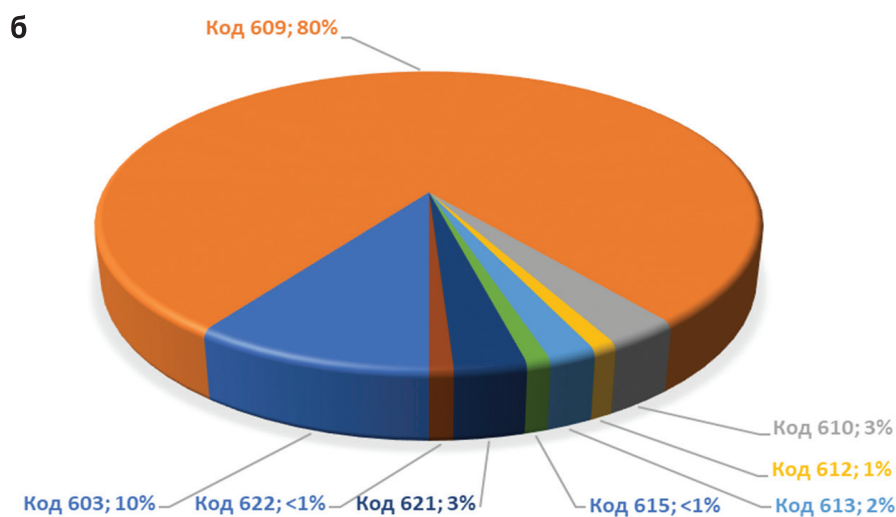
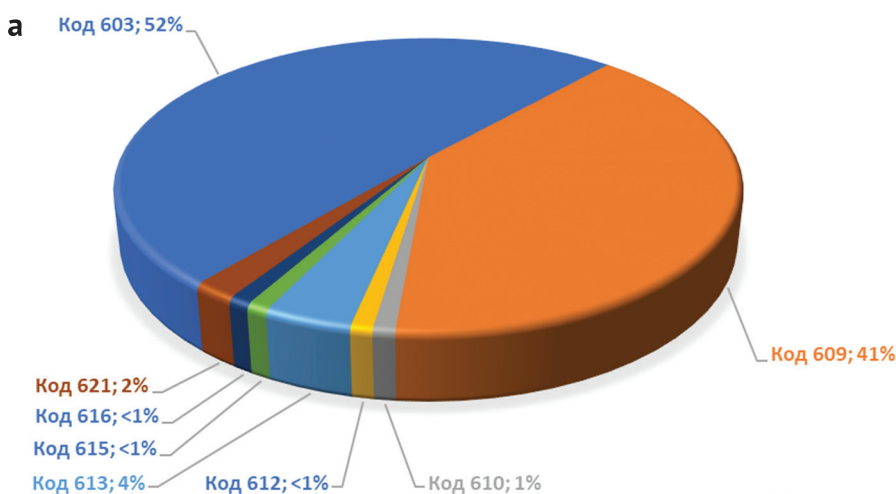


Рис. 3. Диаграмма распределения неисправностей несущих элементов рам вагонов-платформ увеличенной длины с хребтовой балкой (а) и без хребтовой балки (б)

ции рамы. Результаты исследований частично опубликованы в [4].

Для вагонов-платформ увеличенной длины с хребтовой балкой наиболее опасной зоной является шкворневой узел. Трещины в узлах сочленения хребтовой и шкворневой балок рам таких вагонов составляют 52% от общего ко-

личества выявленных неисправностей. При этом у вагонов-платформ без хребтовой балки чаще трещины возникают в боковых балках, в зонах соединения с раскосами.

Используя статистические данные по отказам, оценена вероятность безотказной работы (по учитываемым видам

Таблица 2. Распределение неисправностей в зависимости от типа конструкции рамы вагонов-платформ увеличенной длины

Код	Наименование неисправности	Тип конструкции рамы			
		С хребтовой балкой		Без хребтовой балки	
		кол-во	%	кол-во	%
603	Трещина в узлах сочленения хребтовой и шкворневой балок рамы вагона	866	52	282	10
609	Трещина, переходящая с горизонтальной на вертикальную полку балок рамы вагона	691	41	2360	80
610	Продольная трещина длиной более 300 мм в балках рамы вагона	17	1	74	3
612	Вертикальная/продольная наклонная трещина, проходящая более чем через одно отверстие для болтов или заклепок	5	<1	20	1
613	Длина вертикальной/наклонной трещины, на одной стенке более 100 мм между концами трещины	58	3	71	2
615	Трещина/излом верхнего/вертикального листа поперечной балки рамы	4	<1	8	<1
616	Излом/трещина промежуточных балок	1	<1	0	0
621	Трещина концевых балок	39	2	124	3
622	Излом концевых балок	0	0	2	<1

отказа) рам длиннобазных вагонов-платформ в течение расчетного срока службы по формуле

$$P_p(T_{рас}) = 1 - Q_p(T_{рас}) = 1 - \prod_{i=1}^n Q_i(T_{рас}) = 1 - \prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^m Q_{ij}(T_{рас}),$$

где $Q_p(T_{рас})$ — вероятность отказа рамы за расчетный срок службы;
 $Q_i(T_{рас})$ — вероятность отказа i -й расчетной части рамы;
 $Q_{ij}(T_{рас})$ — вероятность отказа j -го элемента i -й расчетной части рамы.

Расчет проводился для двух случаев. В первом учитывались все виды отказов, во втором — только ресурсные отказы, приводящие к наступлению предельного состояния. Для всех видов отказов рамы вероятность ее безотказной работы в межремонтный период составляет 90–93 % в зависимости от конструктивной схемы. По ресурсным отказам вероятность безотказной работы составляет 95–97 %.

Полученные данные свидетельствуют о более низкой вероятности безотказной работы длиннобазных вагонов в сравнении с другими типами подвижного состава, что обосновывает необходимость разработки новой методики испытаний на сопротивление усталости 2023 г. [6].

Таким образом, по результатам выполненного анализа определены все

виды основных неисправностей несущих элементов рам вагонов-платформ увеличенной длины:

Для вагонов-платформ увеличенной длины с хребтовой балкой:

- трещина в узлах сочленения хребтовой и шкворневой балок рамы вагона составляет 52 % от общего количества выявленных неисправностей;
- трещина, переходящая с горизонтальной на вертикальную полку балок рамы вагона, составляет 41 % от общего количества выявленных неисправностей;
- трещина концевых балок составляет 2 %;
- излом концевых балок не выявлен.

Для вагонов-платформ увеличенной длины без хребтовой балки:

- трещина, переходящая с горизонтальной на вертикальную полку балок рамы вагона, составляет 80 % от общего количества выявленных неисправностей;
- трещина в узлах сочленения хребтовой и шкворневой балок рамы вагона составляет 10 % от общего количества выявленных неисправностей;
- трещина концевых балок составляет 3 %;
- излом/трещина промежуточных балок не выявлены.

По результатам выполненного анализа эксплуатационных отказов длиннобазных вагонов-платформ (с базой не менее 17 м) в период с 2010 по 2020 гг. на основе статистических данных за указанный период по неисправностям в части возникновения трещин в элементах рам определены элементы и узлы рам вагонов-платформ увеличенной длины, наиболее часто повреждающиеся в эксплуатации, к которым относятся: узел сочленения хребтовой и шкворневой балок рамы вагона; переход с горизонтальной на вертикальную полку балок рамы вагона; балки рамы.

Характерных опасных зон для разных типов конструкций вагонов-платформ не выявлено за исключением зоны сочленения хребтовой и шкворневой балок, поэтому при разработке методики испытаний 2023 г. [6] рекомендовано при выборе схем загрузки для проведения испытаний на сопротивление усталости установить требования по оценке максимальных изгибающих моментов во всех сечениях с экстремумами эпюры изгибающих моментов от действия вертикальных сил.

Источники

1. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. 320 с.
2. ГОСТ 33211-2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам.
3. Вагоны-платформы увеличенной длины. Методика испытаний на сопротивление усталости. ФГУП «ВНИИЖТ», ФГУП НВЦ «Вагоны», ИЦ «Азовмаштест» ОАО «МЗТМ», 2006. 20 с.
4. Перечень неисправностей грузовых вагонов подлежащих устранению в текущем отцепочном ремонте. Утв. 21 февраля 2006 г. ОАО «РЖД».
5. Атаманчук Н. А., Цыганская Л. В., Поликанов Д. А. Анализ неисправностей длиннобазного подвижного состава в эксплуатации // Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты: материалы XVII Международной научно-технической конференции, 21–24 августа 2023 г., Санкт-Петербург, Россия. СПб.: ПГУПС, 2023. С. 197–198.
6. Вагоны-платформы увеличенной длины. Типовая методика испытаний на сопротивление усталости. Утв. 5 мая 2023 г. ОАО «РЖД».