

СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ СВАРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ СТАЛЕЙ КЛАССА ПРОЧНОСТИ С345 И С390

А. Г. РЕЙДЕМЕЙСТЕР¹, В. А. КАЛАШНИК¹, В. В. КНЫШ², С. А. СОЛОВЕЙ²

¹Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна,
49010, г. Днепр, ул. Лазаряна, 2. E-mail: dnuzt@diit.edu.ua

²ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины. 03150, г. Киев, ул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Изложены результаты экспериментально-расчетных исследований сопротивления усталости натуральных образцов шкворневого узла и узла заделки стойки боковой стены полувагона модели 12–4106–01. Установлено, что их эксплуатационный ресурс определяется сопротивлением усталости сварных соединений элементов конструкций узлов. Предел выносливости для них составляет от 12,1 МПа (узел заделки стойки боковой стены) до 33,6 МПа (шкворневой узел). Установлены участки зарождения усталостных трещин, закономерности их развития и пределы выносливости конструкции. Значения пределов выносливости, как показал расчет напряженного состояния кузова вагона, обеспечивают эксплуатацию до появления усталостной трещины в течение 34,1 и 57,0 лет для шкворневого узла и узла заделки стойки боковой стены, соответственно. Библиогр. 9, табл. 2, рис. 8.

Ключевые слова: сварные элементы грузовых вагонов, шкворневой узел, узел заделки стойки боковой стены, сопротивление усталости, напряженное состояние

Наиболее повреждаемыми элементами полувагонов в эксплуатации являются узлы сочленения элементов рамы и стоек боковых стен. Снижение нагруженности этих узлов, создающее предпосылки для увеличения срока службы и снижения затрат на ремонт вагонов, является первоочередной задачей при создании подвижного состава нового поколения. В этой связи ПАО «Днепровагонмаш» разработана модель полувагона 12–4106–01 со стойками боковой стены трубчатой конструкции, которая предполагает увеличение прочности последних. Общий вид узла приведен на рис. 1.

Прочностные характеристики элементов вагона улучшены также за счет применения сталей классов прочности С345 (стойки) и С390 (шкворневой узел).

В связи с изменением конструкции, применением материалов с улучшенными прочностными характеристиками назначенный срок службы был увеличен до 32 лет, что следовало подтвердить результатами работ по оценке ресурса.

Ранее подобные задачи рассматривались в статьях [1–4]. В работе [4] впервые рассмотрена задача исследования усталостной прочности заделки стойки боковой стены, в работе [1] показано, что действующие нормативы для оценки усталостной прочности не в полной мере отражают реальные условия эксплуатации и определены пути дальнейшего развития расчетно-экспериментальной оценки усталостной прочности кузовов грузо-

вых вагонов. В работах [2, 3] приведены результаты исследований усталостной прочности заделки стойки боковой стены с улучшенными прочностными характеристиками для полувагонов с осевыми нагрузками 23,5 и 25 тс.

Днепропетровским национальным университетом железнодорожного транспорта имени ака-



Рис. 1. Узел заделки стойки боковой стены (1) полувагона модели 12–4106–01 (2)

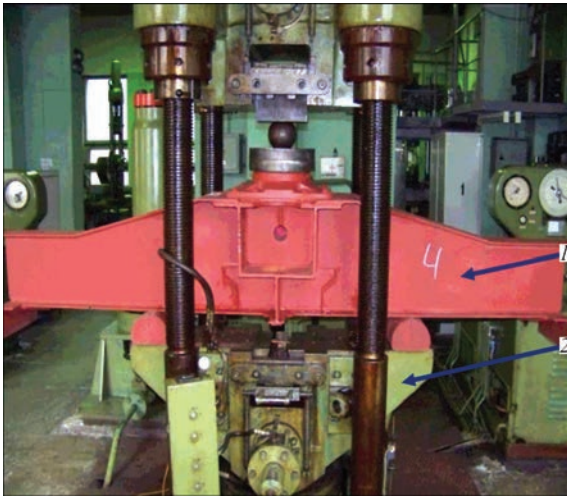


Рис. 2. Образец шкворневого узла № 4 (1) в испытательной машине ZDM–200ру (2)

демика В. Лазаряна (ДНУЖТ) по заказу ПАО «Днепровагонмаш» выполнен комплект работ по оценке ресурса узлов, включающий в себя стендовые испытания натуральных образцов узлов полувагона для оценки напряженно-деформированного состояния и сопротивления усталости, а также расчетно-экспериментальную оценку ресурса узлов.

Срок службы узла до появления усталостных повреждений в соответствии с действующей нормативной документацией [5–8] оценивают по гипотезе Пальмгрена–Майнера, полагая, что кривая усталости состоит из двух участков с показателями m_1 и $m_2 = 2m_1 - 1$, разделенных точкой $N_0 = 10^7$ (базовое число циклов). Этой точке соответствуют напряжения $\sigma_{a,N}$ — предел выносливости конструкции.

Цель проведенных в ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины экспериментальных исследова-



Рис. 3. Образец узла заделки стойки боковой стены № 4 (1), установленный на платформе (2) в испытательной машине ZDM–10ру (3)

ний состояла в выявлении участков конструкции с наихудшими показателями сопротивления усталости и определении величины предела выносливости $\sigma_{a,N}$ для них. Порядок проведения экспериментальных исследований изложен в работе [9]. Из-за ограниченного объема экспериментальных данных кривую усталости не строили, приняв рекомендованное в нормативной документации значение показателя $m_1 = 3$ [5].

Было изготовлено по четыре натуральных образца шкворневого узла и узла заделки стойки боковой стены. Три образца каждого вида были подвергнуты испытаниям на усталость до разрушения, на оставшемся образце провели тензометрию для валидации конечно-элементных моделей узлов. Размещение образцов в гидропульсаторных машинах ZDM–200ру (шкворневой узел) и ZDM–10ру (узел заделки стойки боковой стены) показано на рис. 2, 3. Испытания проводили при синусоидальном переменном цикле нагружения. Максимальные и минимальные нагрузки задавали так, чтобы разрушение (потеря несущей способности) образца происходило в условиях упругого напряженно-деформированного состояния в области многоциклового усталости (до 5 млн циклов нагружения). Поскольку в нормативной документации [5, 7] при оценке сопротивления усталости средние напряжения цикла во внимание не принимают, то значения асимметрии цикла нагружения (отношение наименьшей нагрузки к наибольшей) шкворневого узла и узла заделки стойки боковой стены отличались (задавали исходя из возможностей испытательных машин). Частота нагружения шкворневого узла и узла заделки стойки боковой стены составляла 5,5 и 7,0 Гц, соответственно, и задавалась исходя из технических характеристик испытательных машин ZDM–200ру и ZDM–10ру.

В процессе проведения испытаний регистрировали число циклов нагружения до появления трещин, их расположение и размер, а также число циклов до разрушения образца.

Поскольку процесс зарождения и развития усталостных трещин во всех трех образцах шкворневого узла был идентичен, то, для примера, ниже приведена кинетика усталостного разрушения только шкворневого узла № 4. Образец шкворневого узла № 4 испытывали при циклическом нагружении ($P_{\min} = 98,1$ кН и $P_{\max} = 883$ кН) с частотой 5,5 Гц. Расстояние между опорами составляло 1400 мм. При 797 тыс. циклов обнаружено: трещина у вершины накладки на вертикальный лист вблизи хребтовой балки (трещина Т5) длиной 20 мм и трещина между вертикальным листом шкворневой балки и стенкой Z-хребтовой балки (трещина Т6) длиной 25 мм (рис. 4). После 1029 тыс. циклов была выявлена трещина на



Рис. 4. Трещины в шкворневом узле (образец № 4): 1 — трещина T5; 2 — T6; 3 — T7; 4 — T8; 5 — T9 по другую сторону от хребтовой балки от трещины T6

нижнем горизонтальном листе шкворневой балки у двутавра хребтовой балки (трещина T7) длиной 35 мм. После наработки 1126 тыс. циклов перемен напряжений длина трещины T5 осталась неизменной 20 мм, трещина T6 развилась до 35 мм, а T7 стала развиваться как в вертикальном направлении (по боковой стенке шкворневого узла) до 10 мм, так и в горизонтальном (по нижнему поясу) — до 55 мм. При 1282 тыс. циклов трещина T7 по вертикали развилась до 40 мм, а по горизонтали до 90 мм, также выявлена новая трещина между вертикальным листом шкворневой балки и двутавром хребтовой балки (трещина T8) длиной 55 мм. После 1458 тыс. циклов длина трещины T5 осталась неизменной 20 мм, T6 развилась по основному материалу вертикального листа шкворневой балки до 45 мм, T7 развилась в вертикальном направлении до 80 мм, а в горизонтальном до 130 мм, трещина T8 развилась до 180 мм. При наработке 2346 тыс. циклов обнаружена трещина между вертикальным листом шкворневой балки и стенкой Z-хребтовой балки (трещина T9) длиной 50 мм (с противоположной стороны от T6). После наработки 2815 тыс. циклов длина трещи-

ны T5 составила 22 мм, T6 — 150 мм, T7 как по вертикали, так и по горизонтали достигла длины 150 мм, T8 — 180 мм, T9 — 120 мм. Процесс активного разрушения шкворневого узла начался после 2971 тыс. циклов нагружения: трещина T6 развилась до 250 мм, а трещина T9 — до 180 мм. При 2995 тыс. циклов трещина T6 достигла длины 320 мм, а T9 — 300 мм), а при 3031 тыс. циклов произошло разрушение образца.

Поскольку процесс зарождения и развития усталостных трещин во всех трех образцах заделки стойки боковой стены был идентичен, то для примера ниже приведена кинетика усталостного разрушения только заделки стойки боковой стены № 4. Образец заделки стойки боковой стены № 4 испытан при циклическом нагружении ($P_{\min} = 41,2$ кН и $P_{\max} = 68,7$ кН) с частотой 7,0 Гц. При 325 тыс. циклов нагружения выявлены усталостные трещины T1 и T2 в соединении поперечной балки (накладки над верхней полкой) с нижней обвязкой длиной 18 мм и 15 мм, соответственно, а также трещина T3 в соединении усиливающего уголка стойки боковой стены с нижней обвязкой длиной 10 мм (рис. 5). В дальнейшем

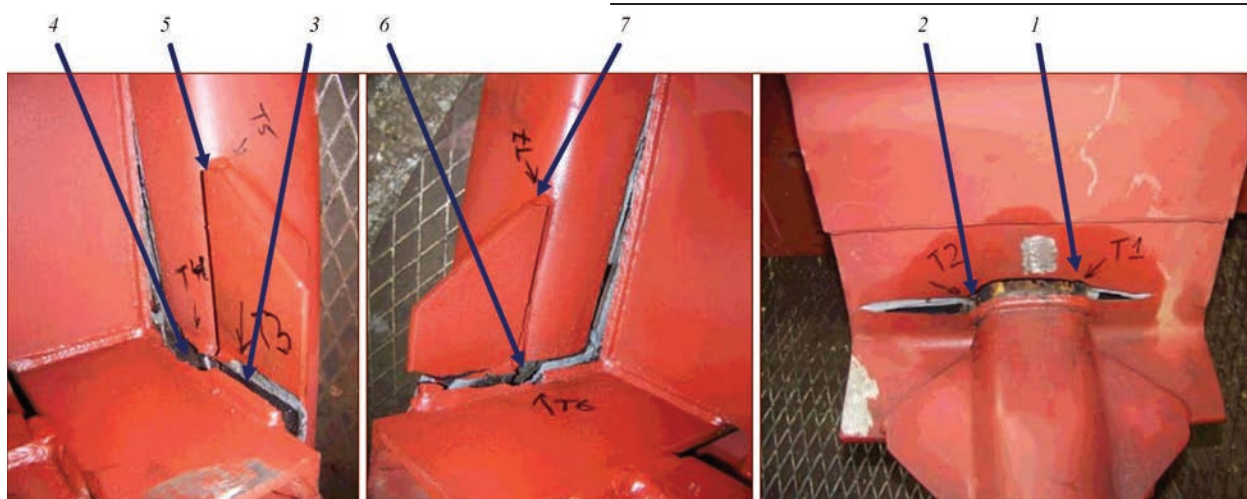


Рис. 5. Трещины в узле заделки стойки боковой стены (образец № 4): 1, 2 — в соединении поперечной балки (накладки над верхней полкой) с нижней обвязкой (трещины T1 и T2, соответственно); 3 — в соединении усиливающего уголка стойки боковой стены с нижней обвязкой (трещины T3); 4, 6 — в соединении стойки боковой стены с нижней обвязкой (трещины T4 и T6, соответственно); 5, 7 — вверху усиливающего уголка стойки боковой стены (трещины T5 и T7, соответственно)

при 931 тыс. циклов нагружения трещина T1 развилась до 25 мм, T2 до 50 мм, длина трещины T3 не изменилась. При 1550 тыс. циклов нагружения произошло объединение трещин T1 и T2, при этом их общая длина составила 110 мм, трещина T3 развилась до 22 мм, выявлены новые усталостные трещины: T4 и T6 в соединении стойки боковой стены и нижней обвязки (с двух сторон), соответственно, длиной 10 и 38 мм; трещины T5 и T7 вверху усиливающего уголка стойки боковой стены, соответственно, длиной 7 и 10 мм. После наработки 2227 тыс. циклов нагружения длина трещины T1+T2 осталась 110 мм, трещина T3 развилась до 25 мм, T4 до 14 мм, T5 до 10 мм, T6 до 70 мм и T7 до 10 мм. При 2414 тыс. циклов нагружения трещина T1+T2 развились до 120 мм, трещина T3 объединилась с трещиной T4 (общая длина 52 мм), трещина T5 развилась до 10 мм, T6 до 85 мм и T7 до 12 мм. После наработки 2793 тыс. циклов нагружения длина трещины T1 + T2 осталась 120 мм, трещина T3 + T4 развилась до 55 мм, T5 до 10 мм, T6 до 115 мм и T7 до 15 мм. При 3351 тыс. циклов нагружения трещина T1 + T2 развилась до 125 мм, трещина T3 + T4 до

66 мм, трещина T5 до 10 мм, T6 до 130 мм и T7 до 15 мм. При 3872 тыс. циклов нагружения произошло разрушение образца.

Обобщенная картина развития трещин и разрушения показана на рис. 6. Места зарождения трещин обозначены синими метками. Сначала трещины развиваются вдоль сварного шва (зеленые стрелки), достигнув его границы, переходят на соседний сварной шов или на основной металл (желтые стрелки). Черным цветом на рис. 6, а показана трещина, которая зарождается на начальном этапе испытаний, разрушает сварной шов между малым двутавром хребтовой и шкворневой балкой, после чего ее развитие прекращается. К потере несущей способности образца она не приводит. Дальнейший анализ проведен для точек зарождения трещин (соответственно нижняя и верхняя синяя метка на рис. 6). Результаты испытаний (число циклов до зарождения трещины и до разрушения образца) приведены в табл. 1.

Полученные результаты дают возможность оценить предел выносливости по силе $P_{a,N}$ (точное определение: доля образцов, разрушенных силой $P_{a,N}$ за базовое число циклов $N_0 = 10^7$, со-



Рис. 6. Развитие трещин: а — в шкворневом узле; б, в — в узле заделки стойки боковой стены

Таблица 1. Результаты усталостных испытаний узлов полувагона модели 12-4106-01

Номер образца	Параметры цикла нагружения, кН		Циклическая долговечность, тыс. циклов	
	P_{max}	P_{min}	до появления трещины (точка)	до разрушения образца
Шкворневой узел				
2	903	98,1	679 (1) 975 (2)	6432
3	903	98,1	771 (1) 1820 (2)	3327
4	883	98,1	1029 (1) 797 (2)	3031
Узел заделки стойки боковой стены				
1	68,7	41,2	284 (1) 1752 (2)	5225
3	68,7	41,2	139 (1) 877 (2)	2913
4	68,7	41,2	325 (1) 1550 (2)	3872

ставляет $1 - \alpha = 0,95$). Пусть P_j, N_j — нагрузка и количество циклов до разрушения для j -го образца. Для приведения нагрузки к базовому количеству циклов используем «верхнюю» часть кривой усталости с показателем $m_1, \bar{P}_j = P_j(N_j / N_0)^{1/m_1}$. На основании [5, п. 6.3.3.1] предел $P_{a,N}$ составляет

$$P_{a,N} = M[P] + Z_{1-\alpha}\sigma[P], \quad (1)$$

где $M[P], \sigma[P]$ — оценки математического ожидания и среднеквадратического отклонения; $Z_{1-\alpha}$ — квантиль уровня $1-\alpha$ для нормального распределения с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией.

Предел выносливости (по напряжениям) $\sigma_{a,N}$ — это напряжения, обусловленные действием силы $P_{a,N}$. Для их определения были разработаны конечно-элементные модели исследуемых узлов. Распределение напряжений в образцах от приложенных рабочих нагрузок приведены на рис. 7, 8.

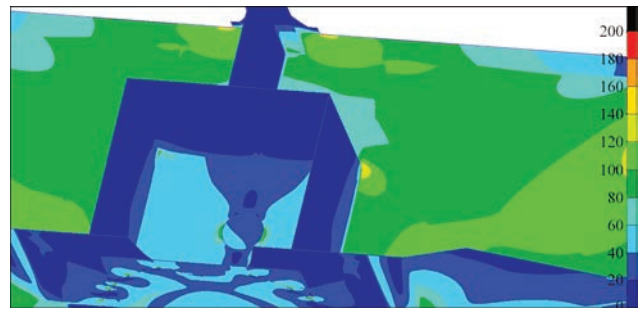


Рис. 7. Напряжения в шкворневом узле от приложенной рабочей нагрузки $P = 883$ кН, МПа

Таблица 2. Пределы выносливости сварных соединений узлов полувагона модели 12-4106-01

Точки	Предел выносливости $\sigma_{a,N}$, МПа	
	Шкворневой узел	Узел заделки стойки боковой стены
1	32,2	12,1
2	33,6	19,0

Выполненным расчетом подтверждено, что в точках, где зарождаются трещины (рис. 6, синие метки), напряжения максимальны.

Для проверки достоверности результатов моделирования проведена тензометрия образцов. Измерены напряжения в 15-ти точках на шкворневом узле и в 8-ми точках на узле заделки стойки боковой стены.

Экспериментально установленные значения пределов выносливости $\sigma_{a,N}$ исследованных узлов приведены в табл. 2. Минимальные пределы выносливости для них составляют 12,1 МПа (узел заделки стойки боковой стены) и 33,6 МПа (шкворневой узел). Установленные значения предела выносливости, как показал расчет напряженного состояния кузова вагона, обеспечивают эксплуатацию до появления усталостной трещины в течение 34,1 и 57,0 лет для шкворневого узла и узла заделки стойки боковой стены, соответственно.

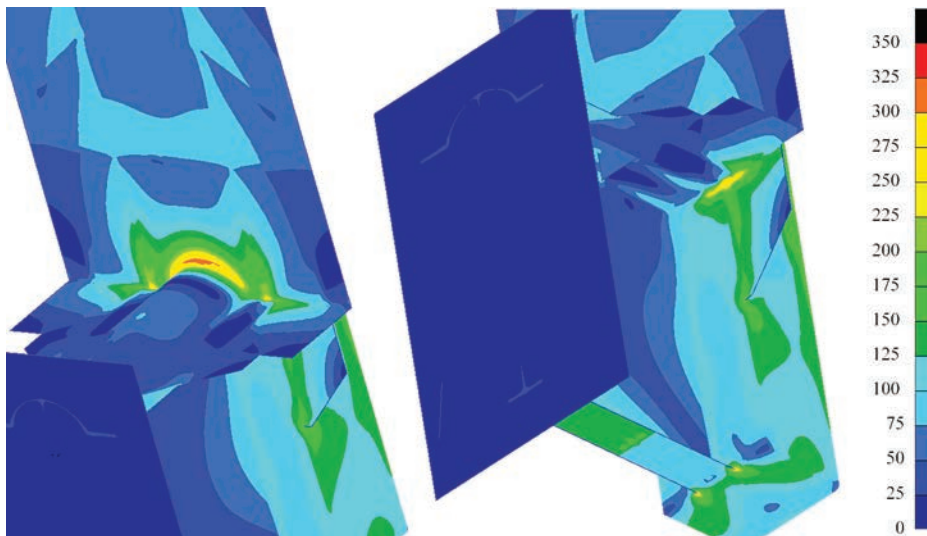


Рис. 8. Напряжения в узле заделки стойки боковой стены от приложенной рабочей нагрузки $P = 68,73$ кН, МПа

Выводы

1. На основании проведенных экспериментально-расчетных исследований сопротивления усталости натуральных образцов шкворневого узла и узла заделки стойки боковой стены полувагона модели 12–4106–01 установлено, что их эксплуатационный ресурс определяется сопротивлением усталости сварных соединений элементов конструкций узлов. Предел выносливости для них составляет от 12,1 МПа (узел заделки стойки боковой стены) до 33,6 МПа (шкворневой узел).

2. Установлено, что в исследованных узлах полувагона модели 12–4106–01 усталостные трещины возникают в двух наиболее напряженных зонах. Установленные значения пределов выносливости, как показал расчет напряженного состояния кузова вагона, обеспечивают эксплуатацию до появления усталостной трещины в течение 34,1 и 57,0 лет для шкворневого узла и узла заделки стойки боковой стены, соответственно.

Список литературы

1. Битюцкий А. А. (2009) Анализ развития методов оценки усталостной прочности несущих конструкций кузовов грузовых вагонов. *Исследование усталостной прочности узлов и выбор параметров новых грузовых вагонов: сб. науч. тр.* Битюцкий А. А. (ред.). Санкт-Петербург, Инженерный центр вагоностроения, **7**, 6–13.
2. Хилов И. А., Афанасьев А. Е. (2009) Выбор параметров узла заделки стойки боковой стены полувагона. *Там же*, **7**, 34–43.
3. Битюцкий А. А., Афанасьев А. Е. (2009) Исследование усталостной прочности заделок стоек боковой стены новой конструкции кузова полувагона. *Там же*, **7**, 54–61.
4. Плоткин В. С., Дружинин С. С., Ченцов Е. И. (1978) Исследование усталостной прочности заделок стоек 4-х осных цельнометаллических полувагонов. *Сб. науч. тр. ВНИИВ*, **35**, сс. 21–26.
5. ГОСТ 33211–2014 (2016) *Вагоны грузовые. Требования к прочности и ходовым качествам*. Москва, Стандартинформ.

6. (1983) *Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)*. Москва, ГосНИИВ-ВНИИЖТ.
7. (1996) *Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)*. Москва, Гос. НИИВ-ВНИИЖТ.
8. РД 24.050.37–95. *Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества*.
9. (2017) Полувагон модели 12–4106–01. *Программа и методика исследований ресурса шкворневого узла и узла заделки стойки боковой стены полувагона*. ПМ 100–17/ИЦ.

References

1. Bityutsky, A.A. (2009) Analysis of development of methods for evaluation of fatigue strength of load-carrying structures of freight car bodies. In: *Study of fatigue strength of assemblies and selection of parameters of new freight cars: Transact.* Ed. by A.A. Bityutsky. St.-Petersburg, Inzhenerny Tsentr Vagonostroeniya, **7**, 6-13 [in Russian].
2. Khilov, I.A., Afanasiev, A.E. (2009) Selection of parameters of side wall rack sealing assembly of a gondola car. In: *Study of fatigue strength of assemblies and selection of parameters of new freight cars: Transact.* Ed. by A.A. Bityutsky. *Ibid.*, **7**, 34-43 [in Russian].
3. Bityutsky, A.A., Afanasiev, A.E. (2009) Study of fatigue strength of side wall rack sealing assemblies of new design of a gondola car body. *Ibid.*, **7**, 54-61 [in Russian].
4. Plotkin, V.S., Druzhinin, S.S., Chentsov, E.I. (1978) Study of fatigue strength of sealing assemblies of 4-axle all-metal gondola cars. In: *Transact. of VNIIV*, **35**, 21-26 [in Russian].
5. (2016) GOST 33211-2014: *Freight cars. Requirements to strength and running characteristics*. Moscow, Standartinform [in Russian].
6. (1983) *Norms for calculation and design of new and modernized cars (non self-propelled) of 1520 mm track railways of the Ministry of Railroads*. Moscow, GosNIIV-VNIIZhT [in Russian].
7. (1996) *Norms for calculation and design of cars (non self-propelled) of 1520 mm track railways of Ministry of railroads*. Moscow, GosNIIV-VNIIZhT [in Russian].
8. RD 24.050.37-95: *Freight and passenger cars. Testing methods on strength and running characteristics* [in Russian].
9. (2017) *Gondola car of 12-4106-01 model. Program and procedure of testing of service life of the pivot assembly and side wall rack sealing assembly of a gondola car*. PM 100-17/ITs [in Russian].

ОПІР ВТОМІ ЗВАРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ НОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ВИГОТОВЛЕНИХ ІЗ СТАЛЕЙ КЛАСУ МІЦНОСТІ С345 ТА С390

А. Г. РЕЙДЕМЕЙСТЕР¹, В. А. КАЛАШНИК¹, В. В. КНИШ², С. О. СОЛОВЕЙ²

¹Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.
49010, м Дніпро, вул. Лазаряна, 2. E-mail: dnuzt@diit.edu.ua

²ІЕЗ ім. С. О. Патона НАН України. 03150, м. Київ, вул. Казимира Малевича, 11. E-mail: office@paton.kiev.ua

Викладено результати експериментально-розрахункових досліджень опору втомі натурних зразків шкворневого вузла і вузла закладення стійки бокової стіни напіввагона моделі 12-4106-01 встановлено, що їх експлуатаційний ресурс визначається опором втомі зварних з'єднань елементів конструкцій вузлів. Межа витривалості для них становить від 12,1 МПа (вузол закладення стійки бокової стіни) до 33,6 МПа (шкворневий вузол). Встановлено ділянки зародження втомних тріщин, закономірності їх розвитку та межі витривалості конструкції. Значення меж витривалості, як показав розрахунок напруженого стану кузова вагона, забезпечують експлуатацію до появи втомної тріщини протягом 34,1 і 57,0 років для шкворневого вузла і вузла закладення стійки бокової стіни, відповідно. Бібліогр. 9, табл. 2, рис. 8.

Ключові слова: зварні елементи вантажних вагонів, шкворневий вузол, вузол закладення стійки бокової стіни, опір втомі, напружений стан

FATIGUE RESISTANCE OF WELDED ELEMENTS OF FREIGHT CARS OF A NEW DESIGN MADE FROM STEELS OF S345 AND S390 GRADE

A.G. REIDEMEISTER¹, V.A. KALASHNIK¹, V.V. KNYSH², S.A. SOLOVEJ²

¹Acad. V. Lazaryan Dnipropetrovsk National University of Railway Transport.

2 Lazaryan Str., 49010, Dnipro. E-mail: dnuzt@diit.edu.ua

²E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine. 11 Kazymyr Malevych Str., 03150, Kyiv, Ukraine.
E-mail: office@paton.kiev.ua

The paper presents the results of experimental and computational studies of fatigue resistance of full-scale samples of the pivot assembly and side wall rack sealing assembly of a gondola car of 12-4106-01 model. It is found that their operating life is determined by fatigue resistance of welded joints of structural elements of the assembly. Their fatigue strength is equal from 12.1 MPa (side wall rack sealing assembly) up to 33.6 MPa (pivot assembly). Sections of fatigue cracks initiation, regularities of their propagation and fatigue strength of structures were established. As shown by calculation of the car body stressed state, the fatigue strength values ensure operation for 34.1 and 57.0 years, for the pivot assembly and side wall rack sealing assembly, respectively, before appearance of the fatigue crack. 9 Ref., 2 Tabl., 8 Fig.

Keywords: welded elements of freight cars, pivot assembly, side wall rack sealing assembly, fatigue resistance, stressed state

Поступила в редакцию 26.05.2018

Национальное агентство контроля сварки
Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Международная научно-техническая конференция
«СВАРКА И КОНТРОЛЬ-2018»
18 – 21 сентября 2018 г., Пермь

Цель конференции: создание единого информационного пространства для обмена опытом, интеграции мировых достижений в области сварки, сварочных технологий, сварочного оборудования и контроля качества, а также внедрения инновационных технологий в сварочном производстве.

Работа конференции будет спланирована как единое мероприятие, объединяющее работу дискуссионных зон с различной тематикой.

На конференции будут заслушаны и обсуждены доклады ученых из разных стран о наиболее важных научных достижениях в области сварки и родственных процессов: технологии и оборудования сварки, нанесении покрытий, пайки, новых материалов, неразрушающего контроля, технической диагностики, гибридной сварки, аддитивных технологий.

В рамках конференции будет проходить общероссийский съезд членов НАКС. На съезде будут обсуждаться вопросы безопасности производства, разработка и обсуждение профессиональных стандартов и этапы внедрения независимой оценки квалификации в сварочном производстве в регионах РФ.

Историко-культурная часть конференции будет проходить в доме-музее Н. Г. Славянова, где впервые в рамках выездной выставки музейного комплекса Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого будет представлен «Второй стакан Славянова»

Адрес оргкомитета:

614990, г. Пермь, Комсомольский просп., 29,

ПНИПУ, Сварка2018

e-mail: svarka@pstu.ru