

А.В. ТРЕТЬЯКОВ, канд. техн. наук доцент, ПГУПС (Россия)

С.В. БОРИСОВ, аспирант, ПГУПС (Россия)

ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА И ПРОДЛЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ВАГОНОВ МЕТРОПОЛИТЕНА

У роботі представлені результати обстеження технічного стану вагонів метрополітену для обґрунтування продовження терміну його служби або виключення з інвентарного парку. Роботи проводилися з використанням розрахунково-експертно-статистичного (РЕС) методу керування індивідуальним ресурсом вагона в експлуатації.

В работе представлены результаты обследования технического состояния вагонов метрополитена для обоснования продления срока его службы или исключения из инвентарного парка. Работы проводились с использованием расчётно-экспертно-статистического (РЭС) метода управления индивидуальным ресурсом вагона в эксплуатации.

The paper reports the main results of work carried out to prolong service life of underground cars: analysis of failures found in the process of technical diagnostics of car body shells and frames and development of the design to eliminate the failures.

На сегодняшний день нормативный срок службы большинства вагонов серий Е, Ем и 81, эксплуатирующихся в России, истек, а эксплуатация такого подвижного состава запрещена действующими нормативными документами.

Учитывая, что электроподвижной состав метрополитена проходит регулярное техническое обслуживание, находится в условиях благоприятного искусственного микроклимата и не испытывает высоких продольных нагрузок, был сделан вывод о том, что несмотря на истечение нормативного срока службы, технический ресурс вагонов метрополитена еще не выработан. Принимая во внимание невозможность одновременного обновления всего парка вагонов и наличие остаточного ресурса подвижного состава, было принято решение о проведении обследования технического состояния каждого конкретного вагона метрополитена для обоснования продления срока его службы или исключения из инвентарного парка.

Все проведенные работы основывались на разработанном расчётно-экспертно-статистическом (РЭС) методе управления индивидуальным ресурсом вагона в эксплуатации [1]. На основе этого метода решается ряд важных для железнодорожного транспорта задач по проведению рациональной модернизации, реконструкции и модификации основных востребованных типов вагонов с целью продления срока их полезного использования.

За период работы с 2003 по июнь 2004 года специалистами ГУП НВЦ «Вагоны» были об-

следованы вагоны приписки электродепо Северное, Автово и Невское Санкт-Петербургского метрополитена в количестве 155 единиц.

Обследование технического состояния выполнялись в соответствии с «Положением о продлении сроков службы вагонов метрополитена» по программам и методикам, разработанным этой организацией и согласованной со службой подвижного состава Санкт-Петербургского метрополитена. Диагностирование проводилось в ремонтной зоне электродепо путем визуального и инструментального контроля, измерения толщин элементов металлоконструкций с помощью ультразвуковых толщиномеров и применения средств неразрушающего контроля.

В результате обследования технического состояния металлоконструкций кузовов и рам вагонов были выявлены многочисленные случаи значительной коррозии (до 40%) продольной балки в ее консольной и средней частях, в районе боковых дверей, многочисленные случаи сквозной коррозии обшивки кузова на уровне рамы вагона в зоне концевой части, консольной части продольной балки и зоне дверных порогов. Большая часть вагонов имела коррозию (до 10%) обшивки кузова в зоне декоративного профиля, подоконного пространства, водостока, в зоне стыка листов обшивки боковой стены, обшивки крыши. Коррозионные повреждения также наблюдались на концевых частях рамы вагона и на хребтовых балках. Бы-

ла выявлена трещина хребтовой балки у одного из обследованных вагонов.

Характерная неисправность кузова вагона метро показана на рис. 1.



Рис. 1. Сквозная коррозия обшивки кузова и коррозия рамы вагона под ней

На рис.2 и 3 показаны диаграммы распределения неисправностей рам и кузовов вагонов (выборка составила 155 ед.), обнаруженных в ходе проведения их технического осмотра.

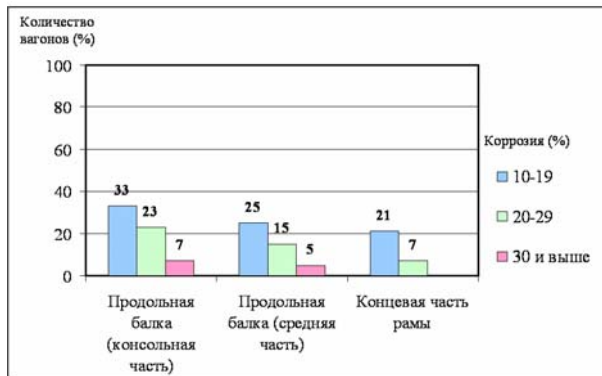


Рис. 2. Коррозия элементов рам вагонов метрополитена

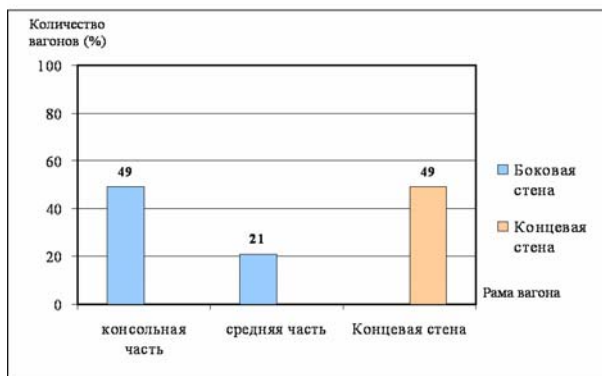


Рис. 3. Коррозия кузовов вагонов метрополитена

Для оценки влияния коррозионного утонения элементов рам и кузовов вагонов метрополитена на прочность был выполнен расчет статической нагруженности вагона метрополитена

серии Е. Расчет производился в соответствии с Нормами [2].

Кузов вагона метрополитена представляет собой несущую металлическую конструкцию в виде тонкостенной оболочки с дверными и оконными вырезами. Оболочка подкреплена набором продольных и поперечных силовых элементов. К продольным элементам относятся: хребтовая балка, продольные балки рамы, продольные балки пола, гофры боковых стен и крыши. Поперечные элементы – дуги крыши, стойки боковых стен, поперечные балки рамы.

В соответствии с рекомендациями [2] расчет производился методом конечных элементов, с использованием конечно-элементного (КЭ) пакета ANSYS версии 8.0. Для расчета использовалась пластинчато-стержневая КЭ модель. Элементы балок, стоек и гофр имитировались КЭ типа балка (6 степеней свободы в узле КЭ), листы обшивки кузова имитировались пластинчатыми элементами (6 степеней свободы в узле КЭ).

Для элементов бокового пояса рамы с коррозионным износом, превышающим 30%, предусмотрено их восстановление путем применения ремонтных накладок. Поэтому в КЭ расчетной схеме учитывалось наихудшее возможное сочетание параметров технического состояния элементов рамы – коррозионный 50 % износ бокового пояса и концевой части рамы.

КЭ модель состояла из 55589 КЭ и 145280 узлов.

Прочность элементов вагона метрополитена в соответствии с [2] рассчитывалась для следующих расчетных режимов нагружения: I режим – условный режим безопасности: вывод неисправного состава с пассажирами с линии метро вспомогательным составом, транспортировка состава локомотивом по магистральным путям МПС и т.п.; II режим – эксплуатационный.

Допускаемые напряжения для первого режима нагружения согласно [2] составляют 225 МПа, а для второго режима – 160 МПа.

При расчете по I расчетному режиму принималось следующее возможное сочетание нагрузок, действующих на элементы конструкции вагона: сила тяжести рамы и кузова; сила тяжести пассажиров; продольная сила инерции рамы и кузова; продольные силы взаимодействия между вагонами.

Продольные силы взаимодействия между вагонами принимались равными для I режима: усилие сжатия 0,4 МН; усилие растяжения 0,3

МН. Консольные части рамы дополнительно проверялись на усилия сжатия 0,5МН и усилие растяжения 0,35МН.

При расчете по II расчетному режиму принималось следующее возможное сочетание нагрузок, действующих на элементы конструкции вагона: сила тяжести рамы и кузова; сила тяжести пассажиров; продольная сила инерции рамы и кузова; динамические силы при конструктивной скорости; продольные силы взаимодействия между вагонами; вертикальная составляющая продольной силы инерции кузова; центро-

бежная сила; сила давления ветра, принимаемая согласно [2] равной 300 Н/м². Продольные силы взаимодействия между вагонами принимались при сжатии и растяжении равными 0,12 МН.

Силы взаимодействия между вагонами прикладывались по оси автосцепки по двум схемам нагружения: с обоих концов вагона; с одного конца и уравнивании силами инерции масс вагона. Полученные в результате расчета максимальные эквивалентные напряжения для элементов вагона с 50% коррозионным износом приведены в табл. 1.

Таблица 1

Максимальные эквивалентные напряжения

Наименование элемента вагона	Максимальные эквивалентные напряжения, МПа											
	I режим								II режим			
	первая схема нагружения				вторая схема нагружения				первая схема нагружения		вторая схема нагружения	
	(сжатие 0,4МН)	(растяжение 0,3МН)	(сжатие 0,5МН)	(растяжение 0,35МН)	(сжатие 0,4МН)	(растяжение 0,3МН)	(сжатие 0,5МН)	(растяжение 0,35МН)	(сжатие 0,12МН)	(растяжение 0,12МН)	(сжатие 0,12МН)	(растяжение 0,12МН)
Боковой пояс рамы в консольной части	72	59	85	67	53	49	54	49	48	38	48	47
Лобовая часть рамы	54	28	62	36	7	6	7	6	21	19	5	4
Боковой пояс рамы в средней части рамы (в районе боковых дверей)	61	40	74	49	34	35	36	37	33	25	35	33

Результаты расчетов вагонов метрополитена позволяют сделать вывод о том, что прочность элементов вагона метрополитена, подвергшихся коррозии (бокового пояса рамы и лобовой части рамы), при всех расчетных режимах удовлетворяет требованиям [2]. Учитывалось, что коррозионный износ не должен превысить 50% от номинальной толщины за суммарный срок службы 50 лет.

По результатам проведенного расчета НВЦ «Вагоны» была разработана конструкторско-технологическая документация по ремонту вагонов с выявленными дефектами. Ремонту подлежат вагоны со сквозной и несквозной коррозией обшивки кузова и вагоны, у которых коррозионное повреждение (утонение) несущих элементов кузова составляет более 30 % от номинальной толщины; вагоны с ранее установленными заплатками на кузове вагона, у которых в результате коррозии обшивки имеются разрывы по сварному шву, соединяющему накладку с обшивкой кузова. Усиление утонен-

ных элементов боковой или концевой балок до 30% при сквозной коррозии обшивки кузова производится с помощью установки заплаток толщиной 2 мм. Элементы несущих элементов кузова, коррозионный износ которых менее 30 % и отсутствует сквозная коррозия, ремонту не подлежат. При утонении элементов более 30 % со сквозной коррозией обшивки, участок сквозной коррозии вырезается и устанавливается заплатка, а при несквозной коррозии – накладка толщиной 4 мм. Все работы производятся с внешней стороны кузова вагона.

Выполненные усиления элементов конструкции снижают действующие напряжения элементов рам и кузовов вагонов и повышают остаточный ресурс вагонов, и для них может быть дифференцированно продлен срок полезного использования. Срок продления зависит от темпа коррозионной деградации металлоконструкций и степени их коррозионного износа. Опыт, накопленный НВЦ «Вагоны», позволяет устанавливать рациональный дополни-

тельно назначенный срок службы каждого индивидуального вагона метрополитена.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Третьяков А.В. Управление индивидуальным ресурсом вагонов в эксплуатации. Монография. – СПб: Ом-Пресс, 2004. – 348 с.
2. Нормы для расчета и проектирования механической части новых и модернизируемых вагонов метрополитенов СССР колеи 1520 мм. 1987.