

симметричному циклу эквивалентные экспериментально полученным несимметричным для различных эксплуатационных нагрузок и их диапазонов;  $P_i^I$ ,  $P_j^{II}$ ,  $P_k^{III}$  – частота возникновения амплитуд при соответствующих напряжениях;  $N_0$  – базовое число циклов.

По результатам расчетно-экспериментальной оценки долговечности по критерию усталостной прочности опытного образца вагона-цистерны для перевозки цемента № 93718914, возраст которого на момент исследования составлял 42 года, можно сделать заключение, что его несущая конструкция обладает остаточным ресурсом не менее 8 лет эксплуатации.

#### Список литературы

1 Единые методические указания по техническому диагностированию грузовых и рефрижераторных вагонов государств-участников Соглашений о совместном использовании грузовых и рефрижераторных вагонов в международном сообщении (протокол от 16 января 2003 г.).

2 **Третьяков, А. В.** Управление индивидуальным ресурсом вагонов в эксплуатации : [моногр.] / А. В. Третьяков. – СПб. : ОМ-Пресс, 2004. – 348 с.

УДК 629.431:629.4.015

### ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ВАГОНОВ МЕТРОПОЛИТЕНА

*Е. Н. КОНОВАЛОВ, Л. В. ОГОРОДНИКОВ, А. В. ПУТЯТО*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Эксплуатация поездов Минского метрополитена началась с 30 июня 1984 года на двух линиях, протяженность которых составляет 37,285 км с 29 станциями. В настоящее время перевозку пассажиров выполняют 72 пятивагонных состава. Подвижной состав состоит из вагонов моделей 81-717 (головной) и 81-714 (промежуточный). Вагоны указанной серии также эксплуатируются во многих городах соседних стран Киев, Харьков, Санкт-Петербург, Новосибирск, Ташкент и др. Срок службы указанных моделей вагонов, назначенный заводом-изготовителем, составляет 31 год, и у ряда единиц истек к настоящему времени. Практика эксплуатации и ремонта вагонов показала отсутствие существенных отказов по несущим конструкциям, что стало основанием предположить наличие в них остаточного ресурса. Процедура оценки остаточного ресурса несущих конструкций нашла широкое применение для железнодорожного подвижного состава в целом [4–6], а также и вагонов метрополитена [1]. В настоящее время ведутся исследования по оценке ресурса несущих конструкций локомотивов [2].

Одним из этапов такой работы является оценка эксплуатационной нагруженности несущих конструкций при штатных режимах эксплуатации с определением амплитудных значений динамических напряжений в контрольных точках, что и явилось целью настоящей работы.

Контрольные точки на основном металле вагона, приведенные на рисунке 1, выбирались в наиболее напряженных зонах, определенных на основании ранее проведенных прочностных расчетов, а также результатов технического обследования металлоконструкций вагонов.

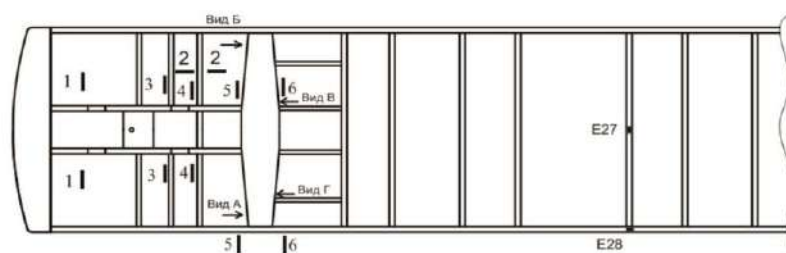
Анализ особенностей эксплуатации объектов исследований показал:

- курсирование вагонов осуществляется по одному маршруту (Автозаводская линия метро);
- доля, приходящаяся на эксплуатацию в режиме «тяга», составляет 0,325; в режиме «торможение» – 0,325; в режиме «движение в кривой» – 0,35;
- среднесуточная скорость составляет 40,2 км/ч;
- среднесуточный пробег принят 400 км.

Прочностные ходовые испытания выполнены силами испытательного центра университета транспорта. В таблице приведены фрагменты полученного массива динамических напряжений для контрольных точек E4 и E5 несущей конструкции вагона модели 81-717, диапазона скоростей от 10 до 80 км/ч и трех режимов эксплуатации.

По результатам проведенных испытаний установлено, что значения напряжений не превысили допустимый уровень, регламентированный [3].

Полученный массив экспериментальных данных амплитудных значений динамических напряжений в контрольных точках позволяет выполнить оценку ресурса несущей конструкции вагона.



Шкворневая балка (вид снизу)

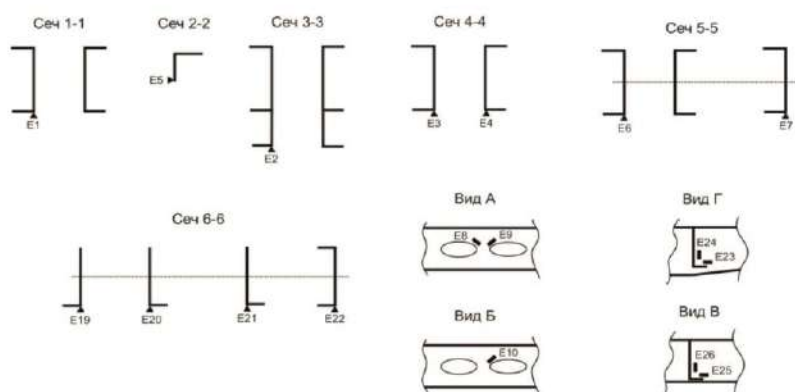


Рисунок 1 – Схема расположения тензометрических датчиков в контрольных точках

Таблица 1 – Значения динамических напряжений

$E_i$	$\sigma_i$ , МПа	$v_i$ , км/ч							
		10	20	30	40	50	60	70	80
Режим «тяга»									
4	$\sigma_{\max}$	3,51	4,31	4,81	2,11	2,11	2,31	2,51	2,31
	$\sigma_{\min}$	3,31	3,81	4,41	0,91	0,81	0,71	0,31	0,51
5	$\sigma_{\max}$	-28	-23,4	-20,7	-23,2	-19,3	-7,8	6,3	-5,9
	$\sigma_{\min}$	-30	-35,7	-47,4	-47	-45,7	-64,4	-58,6	-74,7
Режим «кривая»									
4	$\sigma_{\max}$	3,71	4,11	5,71	2,01	2,41	2,21	1,81	1,91
	$\sigma_{\min}$	2,91	3,11	-5,09	1,51	1,01	1,11	1,11	0,81
5	$\sigma_{\max}$	-20,7	-22,4	-30,3	-14,1	-1,6	-5,8	-18,5	-11,8
	$\sigma_{\min}$	-34,7	-34,3	-39,5	-31,4	-51,8	-47,4	-45	-54,9
Режим «торможение»									
4	$\sigma_{\max}$	3,81	4,21	4,51	1,91	3,31	1,71	1,71	1,41
	$\sigma_{\min}$	3,51	3,91	4,01	0,51	0,71	0,11	0,01	0,31
5	$\sigma_{\max}$	-21,5	-21,9	-29,9	-4,7	2,6	-21,9	-18,9	-26,2
	$\sigma_{\min}$	-43,5	-28	-44,4	-35,5	-46,9	-54,1	-64	-64,5

#### Список литературы

- 1 **Борисов, С. В.** Прогнозирование остаточного ресурса и продление срока службы вагонов метрополитена : дис. ... канд. техн. наук / С. В. Борисов; ПГУПС. – СПб., 2006. – 168 с.
- 2 **Григорьев, П. С.** Прогнозирование остаточного ресурса рам промышленных тепловозов : дис. ... канд. техн. наук / П. С. Григорьев; МГУПС. – М., 2016. – 150 с.
- 3 Нормы для проектирования, расчета и оценки прочности и динамики механической части вагонов метрополитена колеи 1520 мм / СТО СДС ОПЖТ. – М., 2010. – 120 с.
- 4 О корректировке «Положения о продлении срока службы грузовых вагонов, курсирующих в международном сообщении» / Ю. П. Бороненко [и др.] // Евразия Вести. – 2012. – № X. – С. 13–14.