

## Список литературы

- 1 **Насыров, Р. А.** Повышение надежности работы поршней тепловозных дизелей / Р. А. Насыров. – М. : Транспорт, 1977. – 216 с.
- 2 **Нотик, З. Х.** Тепловозы ЧМЭЗ, ЧМЭЗТ, ЧМЭЗЭ: Пособие машинисту / З. Х. Нотик. – 2-е изд. перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1996. – 444 с.
- 3 **Алямовский, А. А.** SolidWorks / CosmosWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов / А. А. Алямовский. – М. : ДМК Пресс, 2004. – 432 с.

УДК 629.4.023.14.017

## РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ КУЗОВА ВАГОНА И РАМЫ ТЕЛЕЖКИ ДИЗЕЛЬ-ПОЕЗДА СЕРИИ ДРБ1

*Л. В. ОГОРОДНИКОВ, Д. П. РУСОВ, И. С. ЕРЕМЕЙЧИК*  
*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Перевозка пассажиров в пригородном движении на неэлектрифицированных линиях осуществляется главным образом дизель-поездами, в частности серии ДРБ. Состав дизель-поезда формируется из головных с кабиной управления и прицепных вагонов, при этом прицепные в составе могут отсутствовать. Головные вагоны не имеют силовых установок. В настоящее время в эксплуатации на Белорусской железной дороге находится 105 вагонов дизель-поездов типа ДРБ1, из которых 83 прицепных и 22 головных. Дизель-поезда приписаны к локомотивным депо Орша и Могилев. Среднегодовой пробег вагонов – около 100 тыс. км.

Назначенный срок службы вагонов дизель-поезда типа ДРБ1 составляет 20 лет, и к настоящему времени проведены работы по обоснованию возможности продления срока службы до 35 лет. Около 10 % вагонов введены в эксплуатацию более 50 лет назад, а около 65 % в ближайшее время подойдут к сроку эксплуатации в 35 лет. Поэтому требуется либо замена имеющегося парка вагонов на новые, либо обоснование возможности дальнейшей безопасной эксплуатации, которое особо актуально в связи с невозможностью единовременного омоложения существующего парка. Практика эксплуатации и ремонта вагонов дизель-поезда ДРБ1 показала отсутствие существенных отказов по несущим конструкциям, что стало основанием предположить наличие в них остаточного ресурса.

Для определения остаточного ресурса необходимо произвести комплекс мероприятий, одним из которых является расчет на прочность кузова вагона и рамы тележки. Для этого были разработаны конечно-элементные модели несущих конструкций [1]. Данная работа является подготовительным этапом для проведения серий прочностных расчетов, после нагружения расчетной модели конструкций. Это позволит определить наиболее напряженные элементы металлоконструкции вагонов дизель-поездов, в зависимости от режимов эксплуатации для составления схемы наклейки тензометрических датчиков при подготовке вагонов к натурным испытаниям и проведении испытаний согласно технической документации.

Оценка прочности в соответствии с ГОСТ 33796 [2] производилась по эквивалентным напряжениям. Эквивалентные напряжения, возникающие в конструкции кузова вагона и раме тележки устанавливаются при I, II, III и IV расчетных режимах нагружения. Сочетания сил, действующих на кузов вагона дизель-поезда, представлены в таблице 1.

*Таблица 1 – Сочетания сил при расчетных режимах нагружения кузова*

| Расчетные силы                              | Сочетание сил для расчетного режима |        |        |        |        |
|---------------------------------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
|                                             | I(a)                                | I(б)   | II(a)  | III    | IV     |
| Силы тяжести                                | пп. 2.2, 2.3                        |        |        |        | п. 2.3 |
| Вертикальные динамические силы при движении | –                                   | –      | п. 2.4 | п. 2.4 | –      |
| Продольные силы на упорах сцепных устройств | п. 2.5                              | п. 2.5 | –      | –      | –      |
| Продольные силы инерции                     | –                                   | п. 2.6 | –      | –      | –      |
| Центробежная сила                           | –                                   | –      | п. 2.7 | –      | –      |

Режим I включает режимы I(a) и I(б): режим I(a) учитывает действие максимальных продольных квазистатических сил в конструкции; режим I(б) учитывает действие максимальных продольных ударных сил.

Режим II включает режимы II(а), II(б) и II(в): режим II(а) учитывает силы, действующие при движении в кривых участках пути с максимальным разрешенным непогашенным ускорением. Максимальное разрешенное непогашенное ускорение задают в технических требованиях на МВПС применительно к особенностям полигона эксплуатации; режим II(б) учитывает силы, действующие при трогании; режим II(в) учитывает силы, действующие при экстренном торможении.

Для режима III, учитывающего действие статических и динамических сил, оценку прочности выполняют как по допускаемым напряжениям, так и на сопротивление усталости. Режим III учитывает силы, действующие при движении с различными скоростями вплоть до конструкционной по прямому участку пути.

Режим IV учитывает силы, обусловленные технологией ремонта и производством аварийно-восстановительных работ, включает режимы IV(а) и IV(б): режим IV(а) – подъем кузова на трех домкратах; режим IV(б) – подъем вагона за узел сцепного устройства.

Сочетания сил, действующих на раму тележки дизель-поезда в соответствии с расчетными режимами, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Сочетания сил при расчетных режимах рамы тележки

| Расчетные силы                                  | Сочетание сил для расчетного режима |         |     |        |         |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------|---------|-----|--------|---------|
|                                                 | IIб                                 | IIа     | IIб | IIв    | III     |
| Силы тяжести                                    | пп. 2.2, 2.3                        |         |     |        |         |
| Вертикальные динамические силы при движении     | –                                   | п. 2.4  | –   | –      | п. 2.4  |
| Силы от действия продольной силы инерции кузова | п. 2.8                              | –       | –   | –      | –       |
| Силы, действующие со стороны тормозной системы  | –                                   | –       | –   | п. 2.9 | –       |
| Продольные силы инерции                         | п. 2.6                              | –       | –   | п. 2.6 | –       |
| Центробежная сила                               | –                                   | п. 2.7  | –   | –      | –       |
| Рамные силы                                     | –                                   | п. 2.10 | –   | –      | п. 2.10 |
| Кососимметричные силы со стороны букс           | –                                   | п. 2.11 | –   | –      | –       |

В результате проведенного расчета на прочность были получены эквивалентные напряжения, возникающие в конструкции кузова вагона и раме тележки при различных расчетных режимах. Поля распределения эквивалентных напряжений в кузове вагона и раме тележки дизель-поезда ДРБ1 при различных расчетных режимах нагружения показаны на рисунках 1 и 2 соответственно.

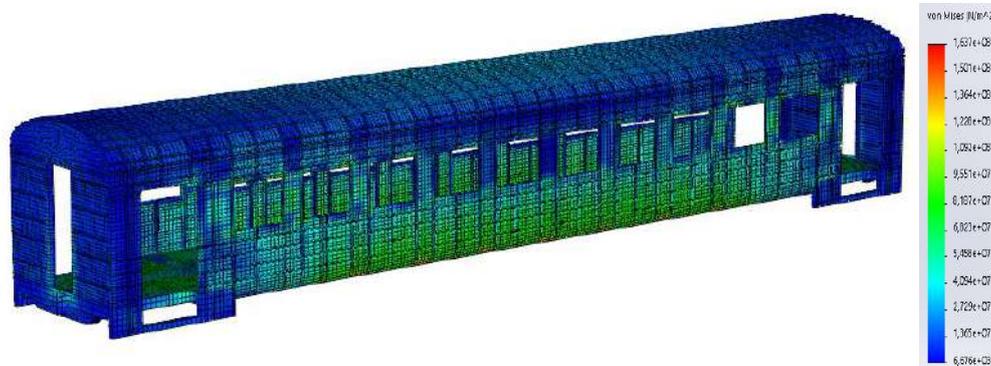


Рисунок 1 – Распределение напряжений в кузове вагона дизель-поезда ДРБ1 при I(а) режиме нагружения, растяжение

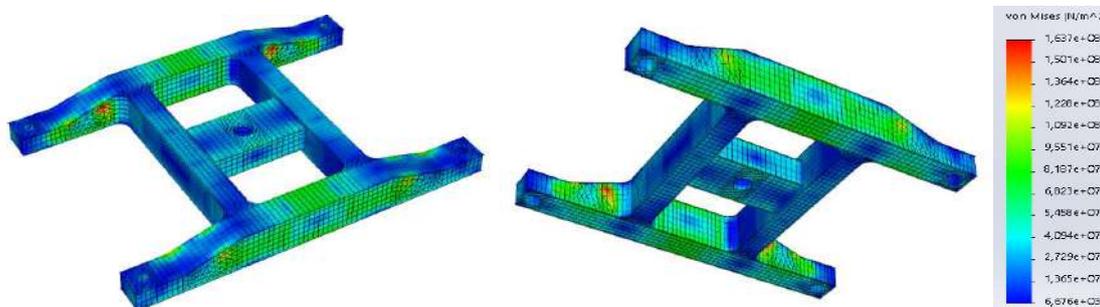


Рисунок 2 – Распределение напряжений в раме тележки дизель-поезда ДРБ1 при II режиме нагружения

В результате расчета на прочность кузова вагона и рамы пассажирских тележек дизель-поезда ДРБ1, с учетом их реального физического состояния тележек, установлено, что прочность при всех расчетных режимах удовлетворяет требованиям Норм. Полученные результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Значения максимальных напряжений по конструктивным группам металлоконструкции рам тележек и кузова вагона дизель-поезда ДРБ 1

| Режимы нагружения | Кузов вагона                                          | Рама тележки                                     |
|-------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| I(а), растяжение  | Балки боковые<br>124,79 (47 % от допускаемых)         |                                                  |
| I(а), сжатие      | Обшивка боковой стены<br>201,78 (76 % от допускаемых) |                                                  |
| I(б)              | Обшивка боковой стены<br>215,06 (81 % от допускаемых) | Центральная плита<br>179,4 (65 % от допускаемых) |
| II(а)             | Обшивка боковой стены<br>104,43 (59 % от допускаемых) | Центральная плита<br>162,8 (59 % от допускаемых) |
| II(б)             | –                                                     | Центральная плита<br>154,6 (56 % от допускаемых) |
| II(в)             | –                                                     | Центральная плита<br>157,3 (57 % от допускаемых) |
| III               | Обшивка боковой стены<br>99,12 (56 % от допускаемых)  | –                                                |
| IV(а)             | Обшивка боковой стены<br>71,69 (27 % от допускаемых)  | –                                                |
| IV(б)             | Обшивка боковой стены<br>79,65 (30 % от допускаемых)  | –                                                |

Выполненный комплекс расчетов, позволил дать оценку напряженно-деформированного состояния несущей конструкции кузова и рам тележек дизель-поезда ДРБ1 при различных режимах нагружения. Приведенные результаты распределения напряжений носят принципиальный характер, позволяют выявить наиболее нагруженные области конструкции и могут быть использованы при разработке схемы установки тензометрических датчиков для проведения натурных испытаний вагона, а также станут основой для разработки конструкторско-технологических мероприятий по усилению выявленных конструктивных областей в рамках выполнения ремонтных работ в депо.

#### Список литературы

- 1 Огородников, Л. В. Анализ неисправностей дизель-поездов серии ДР1 и подготовка для оценки напряженно-деформированного состояния несущих металлоконструкций / Л. В. Огородников, Г. Е. Брильков, С. М. Пытлев // Проблемы безопасности на транспорте : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф. Ч. 1. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 125–127.
- 2 ГОСТ 33796–2016. Моторвагонный подвижной состав. Требования к прочности и динамическим качествам. – Минск : Госстандарт, 2017. – 40 с.

УДК 629.424.3:620.1

### СРАВНЕНИЕ ВЫЯВЛЯЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ МЕТОДОВ КАПИЛЛЯРНОГО И МАГНИТОПОРОШКОВОГО КОНТРОЛЯ В УСЛОВИЯХ ЛОКОМОТИВНОГО ХОЗЯЙСТВА БЕЛОРУССКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

*А. Г. ОТОКА*

*Гомельское вагонное депо, Белорусская железная дорога*

*О. В. ХОЛОДИЛОВ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

В соответствии с Единым перечнем деталей и узлов тягового подвижного состава, подлежащих неразрушающему контролю на Белорусской железной дороге [1], капиллярному контролю (КПК)