

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ВАГОНОВ МЕТРОПОЛИТЕНА ПО КРИТЕРИЮ КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА

П. М. АФАНАСЬКОВ, В. В. БЕЛОГУБ, Л. В. ОГОРОДНИКОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Подвижной состав Минского метрополитена состоит из вагонов моделей 81-717 (головной) и 81-714 (промежуточный), находящихся в эксплуатации более 30 лет. Вагоны указанной серии также эксплуатируются во многих городах соседних стран Киев, Харьков, Санкт-Петербург, Новосибирск, Ташкент и прочих. Учитывая их длительную эксплуатацию, выполнены работы по техническому обследованию их несущих конструкций с целью выявления характерных эксплуатационных повреждений. Установление фактического технического состояния вагонов метрополитена осуществлено методами неразрушающего контроля (визуальный и ультразвуковая толщинометрия). Измерение остаточной толщины элементов выполнено на ремонтных позициях после зачистки мест под контрольные точки. По результатам обследования металлоконструкций более 60 вагонов установлено, что коррозионный износ не превышает 10 % от номинальных значений конструктивных элементов. В тоже время, визуальный контроль несущих конструкций позволил выявить ряд конструктивных областей и элементов, для которых характерно появление трещин:

- зона крепления сцепного устройства на хребтовой балке (рисунок 1, а);
- вертикальные листы шкворневой балки по границам отверстий (рисунок 1, б);
- кронштейны крепления подвески автосцепки;
- вертикальные стенки продольных балок, за шкворневой балкой.

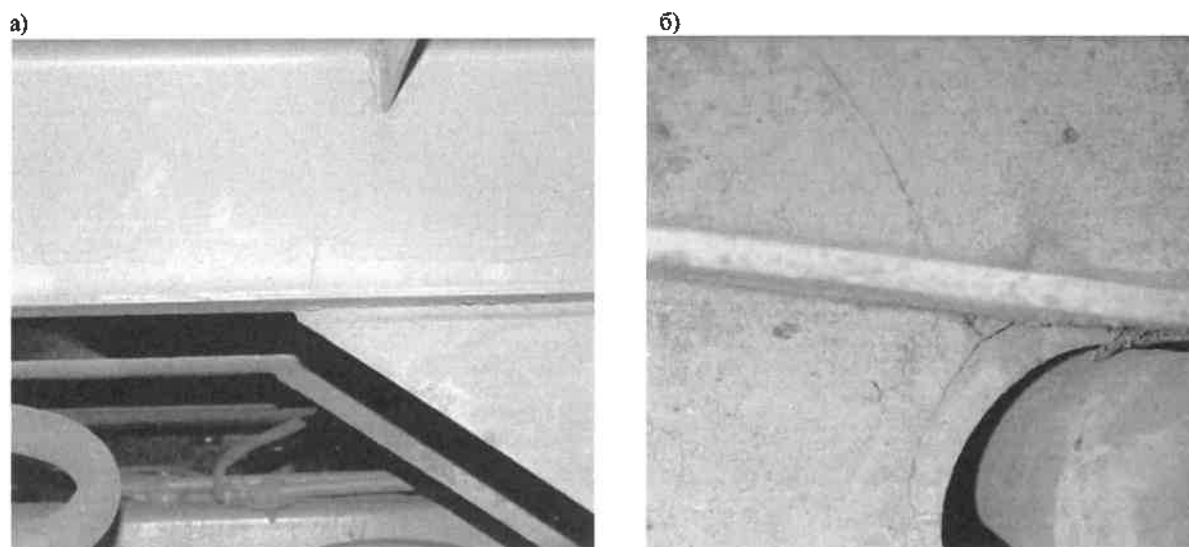


Рисунок 1 – Эксплуатационные повреждения элементов несущих конструкций вагонов:
а – трещина в хребтовой балке в районе крепления сцепного устройства;
б – трещина в вертикальном листе шкворневой балки

Полученные при ультразвуковой толщинометрии данные легли в основу разработки конечно-элементных моделей исследуемых вагонов для оценки их прочности с учетом выявленного коррозионного износа, а также дальнейшего прогноза утонения элементов. 3D-модели металлоконструкций вагонов разработаны на основе комплектов конструкторской документации. Используются два типа конечных элементов: плоские пластинчатые 3- и 4-узловые. Для повышения точности полученных результатов сетка конечных элементов строилась регулярной, тем

самым исключая появление в моделях элементов с критическими соотношениями линейных и угловых размеров конечных элементов. Таким образом, расчетная модель головного вагона представлена 192309 конечными элементами, промежуточного вагона – 192614. Несущие элементы изготовлены из Ст3 и в модели принят модуль Юнга – 210 ГПа, коэффициент Пуассона – 0,3. Кинематические граничные условия включают в себя ограничение степеней свободы в местах крепления упоров сцепного устройства и пятников. При подготовке модели учтены также места крепления подвагонного оборудования. Силовые граничные условия для оценки прочности приняты в соответствии с [1] и представляют собой системы вертикальных, боковых и продольных сил.

Результаты анализа изменения уровня напряжений в основных несущих элементах вагона приведены на рисунке 2. Графики представляют собой зависимости коэффициента запаса прочности n от степени утонения Δt элементов хребтовой и шкворневой балок.

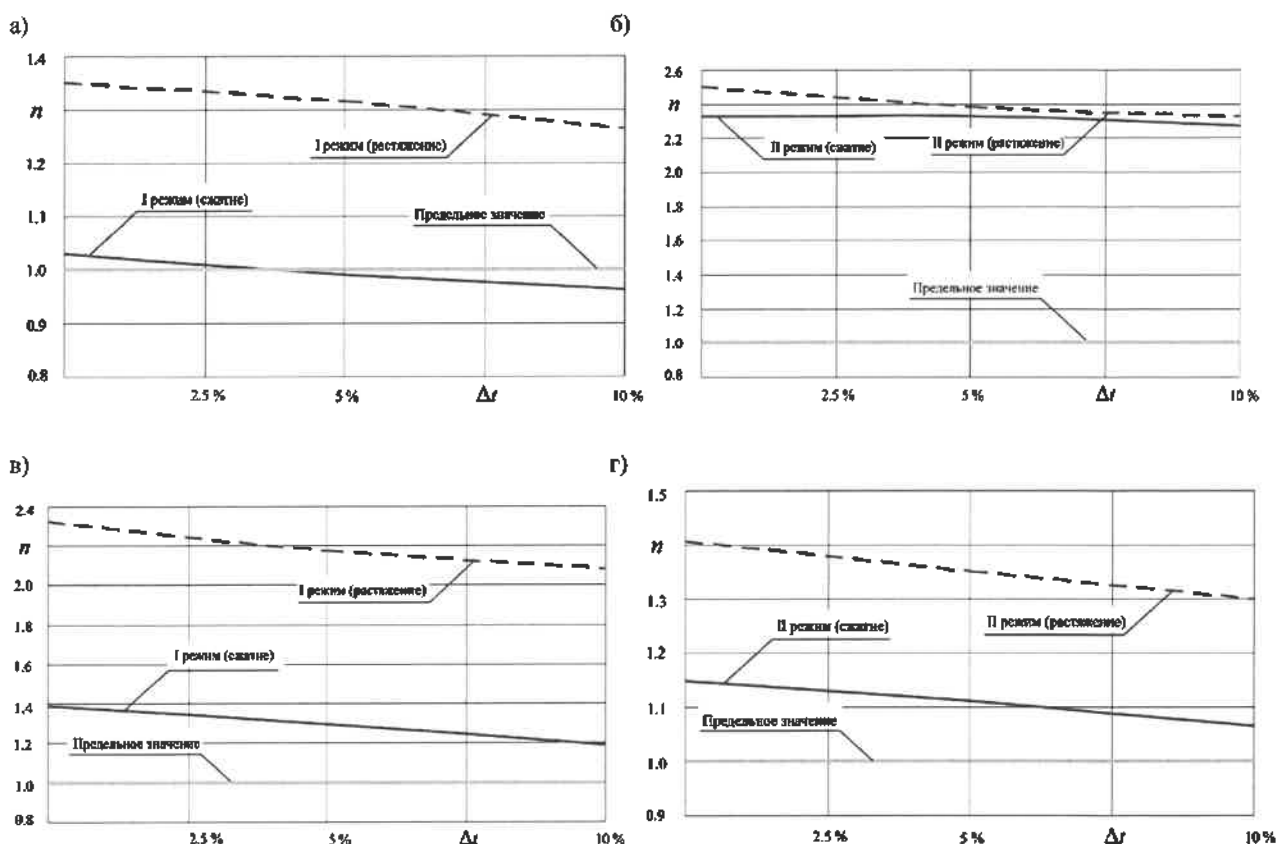


Рисунок 2 – Зависимости коэффициента запаса прочности от степени утонения:
 а – хребтовые балки (I режим); б – хребтовые балки (II режим);
 в – шкворневые балки (I режим); г – шкворневые балки (II режим)

Полученные результаты показали, что градиент изменения напряжений в различных конструктивных элементах при их утонении существенно отличается, в том числе в зависимости от схемы силового нагружения конструкции. Установлено, что расположение ряда конструктивных областей, в которых напряжения близки или несколько превышают допусковые напряжения, тесно коррелирует с областями, в которых выявлены эксплуатационные повреждения при обследовании технического состояния вагонов.

Список литературы

1 Нормы для проектирования, расчета и оценки прочности и динамики механической части вагонов метрополитена колеи 1520 мм / СТО СДС ОПЖТ. – М., 2010. – 120 с.