

На рисунке 2 приведены зависимости  $P_{кр}$  от полудлины шпангоутов  $S$  с различными моментами сопротивления поперечного сечения  $W_{y1}$ . Установлено, что полученные зависимости качественно идентичны.

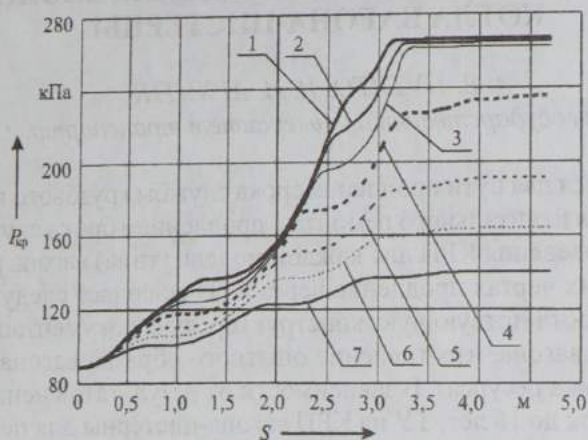


Рисунок 2 – Зависимость  $P_{кр}$  от  $S$  для различных значений  $W_{y1}$  при  $\delta_4 = 9$  мм и  $\delta_5 = 11$  мм: 1 –  $W_{y1} = 13,8$  см<sup>3</sup>; 2 –  $W_{y1} = 11$  см<sup>3</sup>; 3 –  $W_{y1} = 8,52$  см<sup>3</sup>; 4 –  $W_{y1} = 6,46$  см<sup>3</sup>; 5 –  $W_{y1} = 4,75$  см<sup>3</sup>; 6 –  $W_{y1} = 3,68$  см<sup>3</sup>; 7 –  $W_{y1} = 2,75$  см<sup>3</sup>

Установлено, что градиент критического давления  $dP_{кр}$ , определяемый по формуле  $dP_{кр} = \frac{P_{кр}^{i-1} - P_{кр}^i}{S^{i-1} - S^i}$ , принимает максимальные значения для любых значений  $W_{y1}$  при полудлине  $S$  равной 3,2–3,3 м.

Таким образом, предложен вариант повышения несущей способности котла вагона при проведении КРП путем установки на равных расстояниях относительно поперечной плоскости симметрии подкрепляющих незамкнутых наружных шпангоутов. Установлено, что полудлина шпангоутов должна составлять 3,2–3,3 м, что приводит к обеспечению наиболее высокого значения коэффициента запаса устойчивости цилиндрической оболочки котла.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Путьято, А. В. Теория и практика совершенствования конструкций кузовов вагонов с учетом взаимодействия с перевозимыми грузами / А. В. Путьято. – Гомель: БелГУТ, 2011. – 295 с.

УДК 629.463.3

## ПРОДЛЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ ВАГОНА ДИЗЕЛЬ-ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

А. В. ПУТЯТО, Е. Н. КОНОВАЛОВ, В. В. БЕЛОГУБ, С. В. МАКЕЕВ  
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В настоящих материалах доклада рассмотрено решение задачи продления срока службы вагона дизель-электростанции модели 16-3001 после 25 летнего нормативного срока эксплуатации. Задача решена путем реализации процедуры продления срока службы по Техническому решению, которая предусматривает обследование (контроль) технического состояния, установление и выполнение необходимого объема расчетов и испытаний для обоснования остаточного ресурса и возможного срока продления эксплуатации вагона, вынесение технического решения.

Для расчета на прочность несущей металлоконструкции вагона разработана конечно-элементная модель кузова и рамы, представленная на рисунке. Модель разработана на основе использования комплекта конструкторской документации на вагон, имеющейся в наличии в вагонном депо Молодечно, а также с учетом фактических значений толщин конструктивных элементов, определенных по результатам ультразвуковой толщинометрии вагона № 53700100 после 25 лет эксплуатации (рисунок 1).

Для построения модели использовались два типа конечных элементов плоские пластинчатые 3- и 4-узловые. Параметры расчетной модели следующие: количество узлов – 434735, количество конечных элементов – 433321. Модуль упругости материала принимается равным  $2,1 \cdot 10^5$  МПа, коэффициент Пуассона – 0,3. Силовые граничные условия введены в соответствии со значениями и расчетными схемами, предусмотренными «Нормами для расчета и проектирования вагонов...». Кинематические граничные условия включают в себя ограничение степеней свободы в местах крепления упоров автосцепного устройства и пятников. При подготовке модели учтены также особенности силового нагружения, связанные со спецификой рассматриваемого вагона: установка двух дизель-генераторов, наличие основных и раздаточных топливных баков, наличие баков с водой, а также дополнительного массивного оборудования внутри вагона.

Выполненные расчеты на прочность кузова и рамы вагона дизель-электростанции модели 16-3001 № 53700100 с учетом фактических значений толщин металлоконструкции показали, что расчетные эквивалентные напряжения не превышают допустимых значений, установленных «Нормами для расчета и проектирования вагонов...».

Оценка остаточного ресурса вагона выполнена по методике, основанной на подходе, изложенном в «Нормах для расчета и проектирования вагонов...» и РД 24.050.37 «Вагоны грузовые и пассажирские. Методы испытаний на прочность и ходовые качества», при котором параметром, определяющим циклическую прочность, является коэффициент запаса сопротивления усталости  $n$ , определяемый из отношения предела выносливости материала  $\sigma_{a,N}$  для контрольной зоны конструкции вагона к величине амплитуды динамического напряжения  $\sigma_{a,z}$ , эквивалентной по повреждающему действию реальным режимам эксплуатационных случайных напряжений за срок службы.

Очевидно, что величина амплитуды динамического напряжения параметр, включающий в себя срок службы металлоконструкции, который зависит от уровней амплитуд напряжений  $\sigma_{ai}^k$  в  $i$ -м интервале эксплуатационных нагрузок  $k$ -го режима нагружения. Соответствующие уровни амплитуд напряжений определяются экспериментальными методами с учетом возможного изменения в связи с коррозионным износом, в зависимости от особенностей эксплуатации, типа грузового вагона и перевозимого груза: при действии вертикальных динамических нагрузок, продольных ударных сил, дополнительных силовых факторов в результате взаимодействия с относительно подвижными грузами, при выполнении погрузочно-разгрузочных операций, ремонтных нагрузок и т. п.

Таким образом, выражение для определения срока службы вагона принимает вид

$$T_p = N_0 \frac{\left( \frac{\sigma_{a,N}}{[n]} \right)^m}{\sum_k \left[ K^k \sum_i (\sigma_{ai}^k)^m \cdot P_i^k \right]}$$

где  $N_0$  – базовое число циклов;  $m$  – показатель степени в уравнении кривой усталости в амплитудах;  $K_k$  – коэффициент, связывающий суммарное число циклов динамических напряжений с расчетным

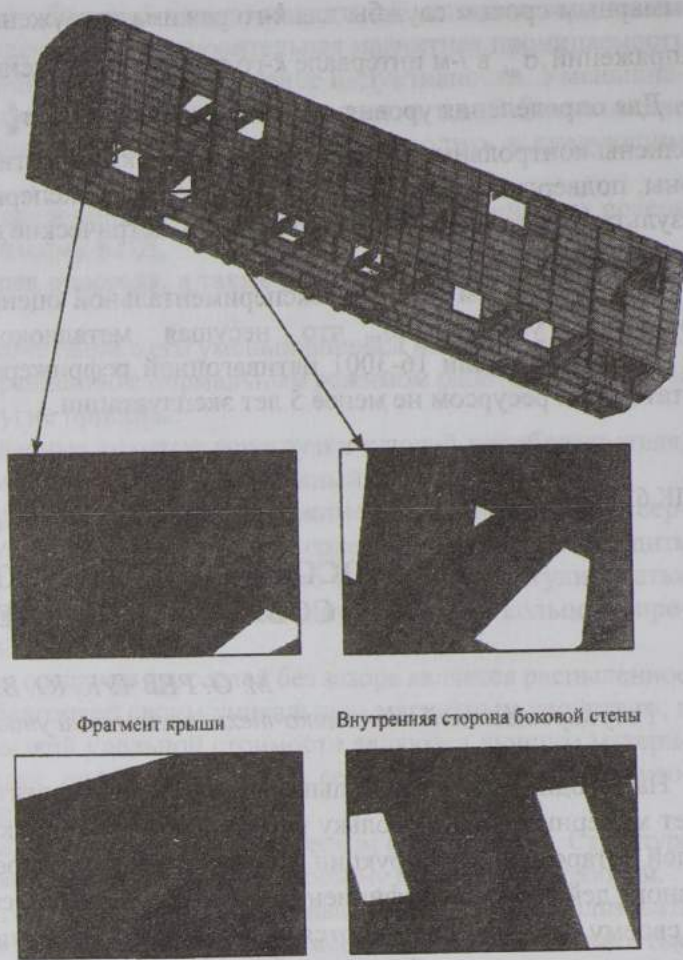


Рисунок 1 – Геометрическая модель вагона, а также фрагменты регулярного разбиения на конечные элементы

суммарными сроками службы для  $k$ -го режима нагружения;  $p_i^k$  – частота действия уровня амплитуд напряжений  $\sigma_{ii}^k$  в  $i$ -м интервале  $k$ -го режима нагружения.

Для определения уровня амплитуд напряжений  $\sigma_{ii}^k$  на испытательном центре УО «БелГУТ» выполнены контрольные испытания вагона на квазистатические нагрузки, ударные и сброс с клиньев. Зоны, подвергшиеся контролю при проведении экспериментальных исследований, определялись по результатам прочностных расчетов. Тензометрические датчики устанавливались вблизи соответствующих концентраторов напряжений.

По результатам расчетно-экспериментальной оценки долговечности по критерию усталостной прочности установлено, что несущая металлоконструкция вагона-дизель электростанции № 53700100 модели 16-3001 пятивагонной рефрижераторной секции постройки 1988 г. обладает остаточным ресурсом не менее 5 лет эксплуатации.

УДК 621.314

## ВЫБОР ДРОССЕЛЯ ИМПУЛЬСНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

*М. О. РЕВЧУК, Ю. В. ЧЕРНЯК*

*Государственный экономико-технологический университет транспорта, г. Киев, Украина*

На сегодняшний день большая часть тягового электроподвижного состава железных дорог требует модернизации, поскольку параметры энергоэффективности работы электронных преобразователей устаревшей конструкции не удовлетворяют современным требованиям по коэффициенту полезного действия и коэффициенту мощности. Большинство электромеханических преобразователей, по своему назначению являются морально устаревшими приборами и требуют замены на современные статические устройства преобразования электрической энергии. Переход на электростатические преобразователи энергии так же, как и замена реостатного пуска импульсным регулированием, являются одними из ключевых моментов повышения энергоэффективности существующего электроподвижного состава.

В связи со стремительным развитием силовых полностью управляемых электронных ключей таких как: IGBT-транзисторы и GTO-тиристоры, и конструированием силовых преобразователей на их основе, возникает проблема оптимального выбора материала и конструкции силового дросселя. Магнитные характеристики современных материалов позволяют значительно уменьшить потери во время фильтрации выходного сигнала широтно-импульсной модуляции для достижения допустимых отклонений от синусоидальной формы напряжения в преобразователях переменного тока и колебаний напряжения в преобразователях постоянного тока.

При создании единичного стенда испытания двигателей постоянного тока с номинальным током 90 А возникла необходимость тщательного просчета фильтра преобразователя в связи с мгновенным выходом из строя ключевых транзисторов с запасом по току 200 А. Следовательно, качество конструирования и разработки данного элемента является не менее важным, нежели подбор силовых ключей.

Основными электрическими характеристиками дросселей являются индуктивность, омическое сопротивление обмотки, максимальный рабочий ток и величина потерь в сердечнике. Кроме того, небезынтересными характеристиками являются габаритные размеры и вес, а также цена и трудоемкость изготовления.

Требования к дросселю зависят от конкретного места применения. Например, для многих преобразователей индуктивность дросселя может быть выбрана большей, чем требуется по расчету. При этом качество работы преобразователя становится лучше. В то же время дроссели для инвертирующих преобразователей и для повышающих преобразователей должны иметь определенную, довольно строго заданную расчетом, величину индуктивности. В таких случаях существенное отклонение индуктивности от требуемой – как ее уменьшение, так и увеличение – приводит к нежелательным режимам работы ИПН, излишним потерям и перегрузкам полупроводниковых приборов.