

Рис. 2 Суммарные перемещения трубопровода

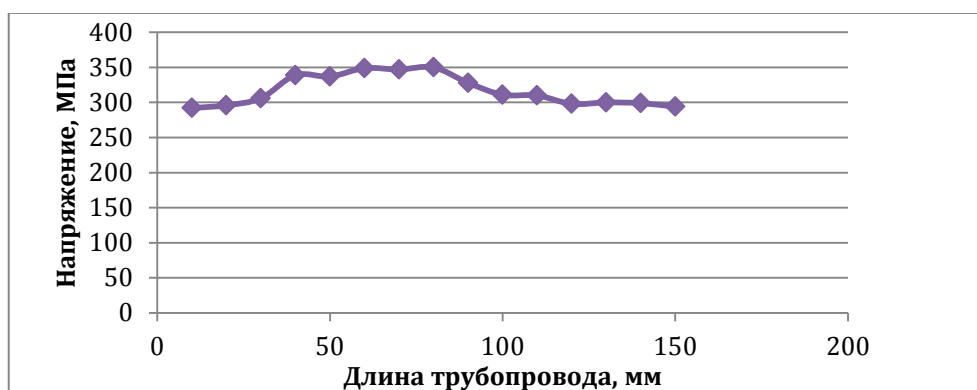


Рис. 3 График изменения напряжений по длине трубопровода

Из полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Наибольшие напряжения возникают на дефекте, так же в приграничной зоне;
2. Пики напряжений наблюдаются по всей трещине;
3. Суммарные перемещения по длине трубопровода незначительны.

Литература

1. Канайкин В.А., Матвиенко А.Ф. Разрушение труб магистральных трубопроводов. Современное представление о коррозионном растрескивании под напряжением. – Екатеринбург, 1997г. - 102 с.
2. Конакова М.А., Теплинский Ю.А. Коррозионное растрескивание под напряжением трубных сталей. - Санкт-Петербург: 2004г. - 358 с.
3. Лоскутов В.Е., Матвиенко А.Ф., Патраманский Б.В., Щербинин В.Е. Магнитный метод внутритрубной дефектоскопии газо – нефтепроводов: прошлое и настоящее // Дефектоскопия – 2006г. – № 8. – С. 3 – 19.
4. Мирошниченко Б.И., Канайкин В.А., Варламов Д.П. Многофакторная система развития стресс – коррозии в магистральных газопроводах. – Екатеринбург: "БКИ", 2005г. – 80 с.
5. Сергеева Т.К., Турковская Е.П., Михайлов Н.П. и др. Состояние проблемы стресс – коррозии в странах СНГ и за рубежом. Обз.инф. Серия «Защита от коррозии оборудования в газовой промышленности». – М.:ИРЦ «Газпром», 1997г. - 101 с.

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЦИСТЕРНЫ 15-689

Д.С. Тафинцев, Е.С. Прудников

Научный руководитель профессор П.В. Бурков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Несмотря на постоянное совершенствование технологий производства котлов цистерн, в настоящее время существует ряд геометрических недостатков формы, которые существенно влияют на напряженно-деформированное состояние (НДС) котла. К данным недостаткам относят: увод (угловатость) сварных швов, смещение кромок швов и овальность. Вследствие воздействия данных факторов профиль обечайки котла цистерны становится некруговым, что в свою очередь отражается на НДС конструкции. Исследования

проектирования котлов цистерн и подобных резервуаров показали, что учет начальных недостатков сможет понизить инциденты нарушения целостности конструкции и количество аварий. Из-за этого качественное и количественное исследование начальных геометрических несовершенств котлов цистерн и влияния данных недостатков на напряженно-деформированное состояние конструкции является актуальной задачей.

Целью данной работы является анализ напряженно-деформированного состояния железнодорожной цистерны 15-689. Сложность конструктивных форм и специфические условия эксплуатации предъявляют к расчетам кузовов наливного подвижного состава своеобразные и повышенные требования. Сложившаяся в настоящее время тенденция повышения полезного объема котлов нефтеналивных цистерн при одновременном снижении материалоемкости за счет использования тонкостенных конструкций, приводит к существенному повышению уровня напряженного состояния. Необходимость обеспечения работоспособности и надежности наливного подвижного состава определяет актуальность решения проблемы расчетной оценки несущей способности элементов конструкций, работающих в сложных условиях эксплуатации. При создании железнодорожных цистерн основной задачей является выбор конструктивных параметров кузовов, обеспечивающих их высокую эффективность по ряду критериев (минимальная материалоемкость, достаточный запас прочности и жесткости, низкая себестоимость и т. д.). Производя расчеты на прочность, конструктор чаще всего применяет упрощенные расчетные схемы. Таким образом, для расчета на прочность котлов железнодорожных цистерн часто используют аналитические расчеты, реализующие варианты теории оболочек, в которых зачастую геометрическая форма котла учитывается грубо, а также рассматривается симметричный характер нагружения и ряд других упрощений. Поэтому одним из существенных факторов повышения работоспособности подвижного состава с возможным снижением материалоемкости является разработка и внедрение в практику проектирования уточненных норм калькуляции на прочность. В настоящее время имеется довольно много работ сконцентрированных на уточнение имеющихся «Норм для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)» [1], где исследователи, опираясь на современные достижения в области инженерных расчетов, указывают на ряд грубых расчетов и предположений. К особенностям расчетов котлов цистерн относится учет внутреннего давления перевозимого жидкого груза и его насыщенных паров. Давление паров перевозимого продукта принимается в соответствии с техническими требованиями к цистерне и характером перевозимого груза. «Нормами...» в редакции 1996 года предусматривалось, что учет сил инерции жидкости, действующих на днище, должен осуществляться путем введения распределенных сил давления, которое принимают линейно убывающими от максимума на днище со стороны удара до нуля у противоположного днища [2]. Анализ экспериментальных данных, полученных исследователями показал, что значения давления в средней части котла находятся на том же уровне, что и значения давления в области переднего днища и даже превышают их. На основе проведенных исследований ГосНИИВ выступил инициатором введения для расчетов на прочность котлов положения о равномерном распределении величины давления по всей длине обечайки котла при разработке изменений и дополнений к Нормам, которые были утверждены в 2000 году. Однако, на наш взгляд, новая схема распределения давлений от перевозимой жидкости имеет ряд недостатков:

- не в полной мере учитываются особенности нагружения внутренней поверхности котла цистерны;
- невозможно выполнять расчеты при различных уровнях налива котла и положениях свободной поверхности;
- невозможно рассмотреть случай несимметричной схемы нагружения, которая имеет место при прохождении кривых или при переходах на боковой путь, в том числе, сопровождающихся изменением скорости движения поезда.

В то же время при этих случаях движения происходит изменение напряженного состояния элементов конструкции цистерны, причем в некоторых из них напряжения будут существенно превышать значения, рассчитанные для нормативной нагрузки. Одним из таких мест, где может проявиться указанный эффект, является область присоединения котла цистерны к раме. При проведении расчетов для определения НДС конструкции цистерны рассматривались I и III режимы нагружения, в соответствии с Нормами. Причем при учете нагруженности внутренней поверхности котла цистерны жидким грузом разработан алгоритм распределения значений давлений по оболочке котла на основе описанной выше методики. Выполнены расчеты НДС элементов конструкции при варьировании следующими параметрами: плотностью жидкого груза от 700 до 1000 кг/м³, уровнем налива котла, а также кинематическими параметрами цистерны, в том числе при ее движении по криволинейному участку пути.

На основе разработанных конечно-элементных моделей получены следующие основные результаты:

1. Удалось установить, что при эксплуатации цистерны учет относительного перемещения жидкости оказывает существенное влияние на НДС отдельных узлов конструкции. В частности, при движении по кривой или переходе на боковой путь, сопровождающемся изменением скорости движения, замечено увеличение напряжений на 26% в элементах крепления котла к раме, расположенный с внешней стороны.

2. Выявлено, что при отсутствии стяжных хомутов на одной из консольных опор, уровень напряжений в местах крепления котла к раме фасонными лапами может увеличиваться в 2,5 раза и превышать допускаемые значения. Исследование зависимости напряжений от уровня заполнения котла грузом при обрыве хомута показало, что по мере заполнения котла напряжения в областях крепления растут, хотя в зоне крепления фасонной лапы к котлу их наибольшие значения замечены при 60 – 65 % заполнении. При таком уровне налива также замечены максимальные деформации хребтовой балки в местах среднего крепления котла к раме. Установлено также, что в нештатной ситуации, связанной с обрывом стяжных хомутов на одной из консольных

опор, уровень напряжений в областях соединения котла и рамы со стороны противоположной удару при рассмотрении криволинейного участка пути существенно выше. Так в узлах крепления к хребтовой балке на 15 %, в зоне крепления лап к котлу замечен рост на 60 %, а в нижнем листе котла нагруженной опоры на 18 %.

3. С целью снижения уровня напряжений в местах крепления котла к раме выполнены исследования их НДС при изменении различных параметров, характеризующих области соединения котла и рамы. С использованием полученных зависимостей напряжений от коэффициента трения в области консольного опирания на деревянные бруски, возможно регулирование затяжки стяжных хомутов до предела, при котором напряжения в областях крепления котла к раме будут находиться на безопасном уровне. Помимо регулировки натяжения стяжных хомутов, в области крепления фасонных лап разработано техническое предложение по внесению незначительных изменений в конструкцию рассматриваемого узла крепления, которое позволяет снизить напряжения в среднем креплении котла к раме до допустимого значения.

Литература

1. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) / ГосНИИВ-ВНИИЖТ. – М., 1996. – 319 с.
2. Спиридонов А. Н., Плоткин В. С. К обоснованию выбора закона распределения давления по длине обечайки котла вагонов-цистерн от гидравлического удара при их соударении // Тяжелое машиностроение, 2003. – №1. – С. 19 – 20.