

ВЛИЯНИЕ НАТЯЖЕНИЯ СТЯЖНЫХ ХОМУТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЦИСТЕРНЫ НА НАПРЯЖЕНИЯ В ОБЛАСТЯХ КРЕПЛЕНИЯ КОТЛА К РАМЕ

*Белорусский государственный университет транспорта
Гомель, Беларусь*

К часто встречающимся повреждениям железнодорожных цистерн относятся ослабление стяжных хомутов, предназначенных для предотвращения вертикального смещения котла относительно рамы при его консольном опирании на деревянные бруски. Ослабление или отрыв хомутов могут быть вызваны различными причинами, среди которых изменение влажности деревянных брусков, разница вертикальных частот подпрыгивания и галопирования, а также боковых колебаний рамы и котла. Эта неисправность может являться одной из причин часто встречающегося возникновения трещин в местах крепления котла к раме в средней части, а также ослабления болтов фасонных лап.

В связи с этим была поставлена задача по определению влияния ослабления стяжного хомута на напряженно-деформированное состояние (НДС) элементов крепления котла к раме с учетом перетекания перевозимой жидкости в котле.

Для определения НДС была использована уточненная конечно-элементная модель нефтеналивной цистерны модели 15–1443, создание которой описано в работе [1]. При приложении давления от перевозимого жидкого груза применялась методика, предложенная в работе [2], которая позволяет учитывать физические свойства перевозимой жидкости, уровень налива и кинематические параметры движения груза в котле цистерны.

Рассматривался удар железнодорожной цистерны с различным уровнем налива о неподвижно стоящий вагон. При моделировании учитывались следующие кинематические и силовые параметры:

- ограничение вертикального и поперечного смещения в области подпятника;
- наложение продольного ограничения перемещения по одному из упоров автосцепного устройства;
- продольная сила, эквивалентная удару в 3,5 МН ко второму упору автосцепки;
- распределение давления жидкости на внутреннюю поверхность котла цистерны;

- вес вагона;
- силы инерции вагона.

Проведенные многовариантные расчеты при изменении уровня налива котла и степени натяжения стяжных хомутов показали, что во всех случаях максимальные напряжения были получены в узлах на внешних концах крепления лап к котлу и раме.

Для учета различной степени ослабления стяжного хомута сначала был произведен расчет при его отсутствии на одной из сторон. Расчет при отсутствии стяжных хомутов показал, что в разгружаемой консоли происходит отрыв оболочки котла. Найдя максимальное вертикальное смещение котла на ослабленной стороне, произведены расчеты НДС элементов конструкции цистерны с различной степенью ослабления стяжных хомутов.

Определено, что по мере ослабления хомутов эквивалентные напряжения в местах крепления лапы к котлу изменяются не столь интенсивно по сравнению с креплением к хребтовой балке. Следует также отметить, что при рассмотренных уровнях налива (15%, 45%, 60%, 80% и 98%) напряжения в узлах, расположенных со стороны столкновения, уменьшаются. Напряженное состояние мест крепления лап, расположенных со стороны противоположной удару, возрастают по мере ослабления хомутов и имеют максимальное значение при их отсутствии (увеличение напряжений при полном наливе составляет 60 %).

Анализируя изменение напряженного состояния броневое листа в зоне нагруженной консольной опоры от степени ослабления стяжных хомутов, наблюдается незначительный рост напряжений практически на всем диапазоне налива котла (до 1 %).

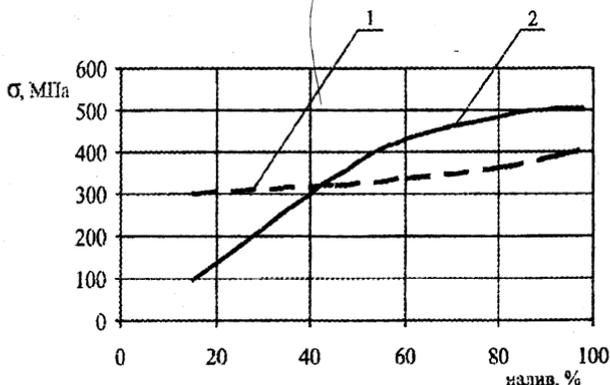


Рис. 1. Графики изменения эквивалентных напряжений в области крепления фасонной лапы к хребтовой балке при отсутствии стяжных хомутов

В связи с этим, определенный интерес представляют зависимости эквивалентных напряжений от уровня налива котла при отсутствии стяжного хомута на разгружаемой опорной консоли, которые представлены на рис. 1 и 2.

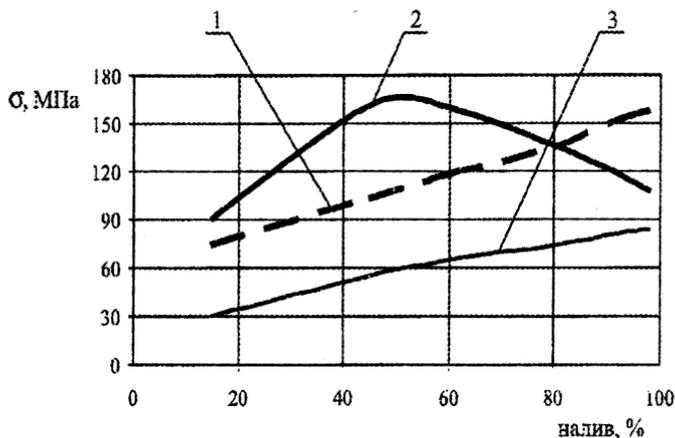


Рис. 2. Графики изменения эквивалентных напряжений в области крепления фасонной лапы к котлу и в броневом листе нагруженной консольной опоры при отсутствии стяжных хомутов

В целом, из представленных графиков видно, что при отсутствии стяжных хомутов на разгружаемой опоре происходит существенное увеличение напряжений в местах крепления котла к раме в средней части по мере заполнения котла цистерны жидким грузом. Следует отметить, что наиболее интенсивный рост напряжений наблюдается в рассматриваемых зонах расположенных на стороне противоположной ударной (графики 2). Самая неблагоприятная ситуация по напряженному состоянию возникает при полном наливе котла, за исключением места соединения лапы и котла в зоне, расположенной с противоположной от удара стороны (график 2 рис. 2), где явно прослеживается экстремум на 50–60 % налива котла цистерны. Увеличение напряжений в 2,5 раза с увеличением уровня налива получено в броневом листе нагруженной опоры (график 3 рис. 2), в 2 раза в местах крепления лап к котлу, расположенных с ударной стороны (график 1 рис. 2). В первых двух случаях напряжения не достигают допустимых значений. В то же время графики 1 и 2 на рис. 1 показывают, что в узлах крепления лап к хребтовой балке, как с ударной стороны, так и противоположной удару, соответственно, напряжения значительно превышают допустимые значения.

Также следует отметить, не смотря на то что в области крепления фасонных лап к котлу получены напряжения не превышающие допустимые значения, на практике зафиксировано появление трещин в этой зоне. Эту неисправность можно объяснить образованием трещин в сварном шве. Не исключено также, что появление трещины в рассматриваемой области носит усталостный характер.

Аналогичные расчеты были проведены при рассмотрении удара на участке радиусом 250 м. Особенностью нагружения расчетной схемы является ее несимметричность относительно продольной вертикальной плоскости вследствие учета при приложении давления жидкости на внутреннюю поверхность котла ее относительного перетекания. Расчеты проводились в случае отсутствия одного из стяжных хомутов, как наиболее неблагоприятного. Были получены идентичные зависимости, но с некоторым ростом напряжений в отдельных зонах крепления.

Произведя сравнительный анализ НДС областей крепления котла к раме при рассмотрении прямого и криволинейного участка пути, были получены графики, отражающие изменение напряжений ($\Delta\sigma$) в кривой относительно прямой, представленные на рис. 3.

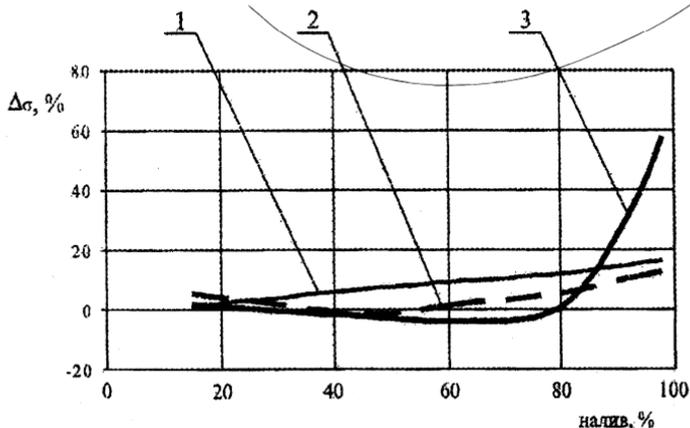


Рис. 3. Изменение напряжений в областях крепления котла к раме в кривой по отношению к прямому участку пути при отсутствии стяжных хомутов

Анализируя зависимости, представленные на рисунке 3 можно сделать вывод, что при рассмотрении криволинейного участка пути ситуация по напряжениям усугубляется в местах крепления лап со стороны разгружаемой опоры. Увеличение напряжений в узлах крепления к хребтовой балке дости

гает 15 % (график 2), а в зоне крепления лап к котлу — 60 % (график 3). Также наблюдается увеличение напряжений в нижнем листе котла нагруженной опоры на 18 % (график 1).

Подтверждением справедливости полученных результатов могут служить статистические данные, собранные работниками ОНИЛ «ТТОРЕПС» о состоянии вагонов-цистерн [3], которые показывают частое появление трещин в местах среднего крепления котла к раме, причем их появление характерно для внешней стороны ближайшей к консольной опоре.

Проведенный анализ напряженного состояния областей крепления котла к раме и стяжных хомутов может быть использован при проведении работ по модернизации узлов конструкции вагонов-цистерн.

ЛИТЕРАТУРА

1. Путьто А. В. Конечноэлементное моделирование железнодорожной цистерны с использованием программного комплекса ANSYS/ /Сборник материалов III международной межвузовской научно-технической конференции студентов, аспирантов и магистрантов. 24–25 апреля 2003 года. — Гомель: Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», 2003. — С. 25–28.
2. Сенько В. И., Шимановский А. О., Путьто А. В. Расчетная схема приложения силовых факторов к конструкции цистерны при ее движении в кривой//Труды научно-практической конференции «Безопасность движения поездов». — М.: МИИТ, 2003. — С. IV–79–IV–80.
3. Сенько В.И., Пастухов И.Ф., Чернин И.Л., Бычек И.С. К вопросу восстановления нефтеналивных цистерн на Белорусской железной дороге//II научно-техническая конференция «Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты». — Санкт-Петербург, 2001. — С. 126–128.