

$$\delta = 5 \sqrt{\frac{\nu L}{u}} = \frac{5L}{\sqrt{Re}}, \quad (3)$$

где ν – кинематическая вязкость жидкости, $\text{м}^2/\text{с}$; 5 – коэффициент пропорциональности Блазиуса для ламинарного подслоя [5].

Из равенства (3) следует, что относительная толщина пограничного слоя δ / L уменьшается при увеличении числа Re пропорционально $(1 / Re)^{1/2}$, следовательно, при переходе к жидкости, лишенной трения, т. е. при переходе к $Re \rightarrow \infty$, пограничный слой исчезает. Очевидно, что толщина пограничного слоя тем меньше, чем меньше коэффициент вязкости жидкости. Если разделить δ на длину пластины L , то получим безразмерную толщину пограничного слоя, $\delta \sim 5/(Re)^{0.5}$. Кроме того, на толщину пограничного слоя существенно влияет гидрофобность на границе раздела фаз.

Оценим касательное напряжение τ_0 на стенке пластины. На основании закона Ньютона имеем: $\tau_0 = \mu \left(\frac{du}{dy} \right)_0$, где индекс 0 указывает значение на стенке, где $y = 0$, μ – коэффициент динамической вязкости, Па·с. На основании сказанного выше получим

$$\tau_0 = \frac{\mu U}{\delta}. \quad (4)$$

Подставив в (4) вместо δ его значение из (3), получим

$$\tau \sim \mu U \sqrt{\frac{\rho U}{\mu L}} = \sqrt{\frac{\mu \rho U^3}{L}}. \quad (5)$$

Следовательно, касательное напряжение на стенке, возникающее вследствие трения, пропорционально скорости набегающего потока U в степени $3/2$. Разделив касательное напряжение на ρU^2 , получим значение безразмерного касательного напряжения на стенке

$$\frac{\tau_0}{\rho U^2} \sim \sqrt{\frac{\mu}{\rho U L}} = \sqrt{\frac{\nu}{U L}} = \frac{1}{\sqrt{Re}}. \quad (7)$$

Таким образом, касательное напряжение обратно пропорционально зависит от числа Рейнольдса. Отсюда следует, что, уменьшая коэффициент трения сопрягаемых поверхностей, можно увеличить полезную мощность насоса.

Список литературы

- 1 Ландау, Л. Д. Статистическая физика : учеб. пособие для вузов. Т. 5. Ч. 1 / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. – М. : Физматлит, 2010. – 616 с.
- 2 Абросимов, Ю. Г. Гидравлика и противопожарное водоснабжение : учеб. / Ю. Г. Абросимов, А. И. Иванов, А. А. Качалов. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2003. – С. 82.
- 3 Проектирование и исследование характеристик степеней динамических насосов / В. Н. Ивановский [и др.]. – М. : РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина, 2015. – 104 с.
- 4 Шлихтинг, Г. Теория пограничного слоя : пер. с нем. / Г. Шлихтинг. – М. : Наука, 1974. – 218 с.
- 5 Основы механики жидкости : учеб. пособие / В. Н. Белозерцев [и др.]. – Самара : Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. – 324 с.

УДК 629.4.015

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИИ КУЗОВА ВАГОНА КОЛЕИ 1435 мм С УЧЕТОМ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ

Е. В. СОРОКИНА, С. Д. КОРШУНОВ

АО НО «Тверской институт вагоностроения» (АО НО «ТИВ»), Российская Федерация

С 2017 года ОАО «Тверской вагоностроительный завод» реализует проект изготовления пассажирских вагонов модели 61-4514 колеи 1435 мм.

Накопленный опыт эксплуатации вагонов на железных дорогах Арабской Республики Египет [1, 3] позволил установить, что необходимо учитывать воздействие высокой температуры на обшивку крыши.

Особенностями южного климата наряду с довольно высокой температурой окружающей среды, в которой эксплуатируются вагоны, являются ветра. Дуют они практически круглый год, изменяя лишь свою интенсивность и направление. Следствием этого является постоянная ветровая нагрузка, действующая на подвижной состав. Примечательно, что при преобладании тропического пустынного климата, который характеризуется очень высокими дневными температурами летом (столбик термометра местами может приближаться к 50-градусной отметке). Суточные перепады температур достаточно велики. В таких климатических условиях пассажирские вагоны подвергаются воздействию как избыточной солнечной радиации, так и значительной ветровой нагрузке.

Для всестороннего изучения этой проблемы разработчиками конструкторской документации и изготовителями подвижного состава были подготовлены документы: «Мероприятия по снижению термических деформаций крыш вагонов, вызванных солнечной радиацией» и «Этапы реализации мероприятий по снижению термических деформаций крыш вагонов, вызванных солнечной радиацией».

В рамках работ, предусмотренных данными документами, были разработаны программа и методика «Проведение испытаний по имитации облучения избыточной солнечной радиацией крыши кузова вагона модели 61-4465 и ремонтных нагрузок» и реализована при испытании вагона модели 61-4514 [2] колеи 1435 мм. Для оценки напряжённо-деформированного состояния кузова вагона при его облучении избыточной солнечной радиацией и определения возможности появления местной деформации элементов обшивки крыши методика предусматривала проведение испытаний при различных режимах нагрева и нагружения, а также совместного воздействия нормативных ремонтных нагрузок и теплового воздействия [2, 4].

В связи с тем, что тепловая нагрузка при экстремальном воздействии избыточной солнечной радиации является важным дополнительным фактором, влияющим на напряжённо-деформированное состояние кузова, необходимо экспериментально подтвердить условия возникновения данной деформации для поиска путей решения проблемы.

Испытания проводились на кузове опытного вагона модели 61-4514 (далее – вагона). Кузов был загружен мерными грузами до веса тары плюс вес двух тележек с учетом требований EN 12663-1.

Перед началом проведения испытаний были определены толщины обшивки скатов и средней части крыши в соответствии с картой замеров (рисунок 1).

Погибь листов обшивки крыши была проверена до начала испытаний и после нагрева дополнительно снаружи кузова на каждом погонном метре длины, база измерений – 1500 мм.

Целями испытаний при проведении работ по имитации нагрева крыши кузова вагона модели 61-4514 солнечными лучами и воздействию ремонтных нагрузок являлись:

- определение влияния избыточного теплового воздействия на деформацию обшивки крыши;
- определение совместного влияния нормативных ремонтных нагрузок и теплового воздействия солнечной радиации на деформацию обшивки крыши.

Нагрев до предельной (в соответствии с программой и методикой – 95 °С) температуры был осуществлён за 50 минут.

Реализованы ремонтные нагрузки при каждом температурном режиме:

- подъемка кузова с «тележками» на четырех домкратах под штатные места;
- подъемка кузова с «тележками» на трех домкратах по диагонали под штатные места.
- подъемка кузова с «тележками» на двух домкратах под буферный брус.

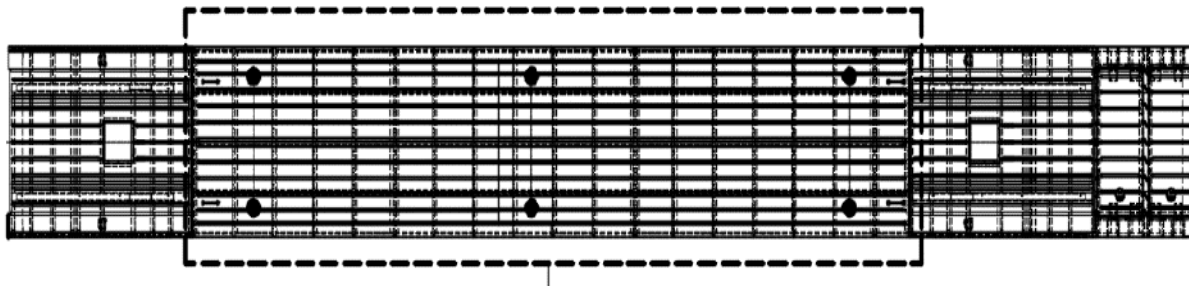


Рисунок 1 – Карта замеров толщины обшивки крыши

После проведения эксперимента была определена деформация (перемещения) листов обшивки крыши. Значения величин перемещений из плоскости при нагреве с обеих сторон кузова примерно одинаковые. При вывешивании вагона по диагоналям имеет место упругая деформация элементов крыши, величиной порядка 1 мм, которая восстанавливается к исходному состоянию при постановке кузова на четыре опоры.

Результатами испытаний, а также визуальным контролем установлено, что при 18–25 °С все варианты подъемов кузова не вызывают потери устойчивости и остаточной деформаций несущей металлоконструкции. Нагрев до 95 °С может вызвать остаточные деформации гофров крыши.

Это объясняется тем, что напряжения от нагрева складываются с имеющимися внутренними напряжениями.

На основании полученных результатов для повышения устойчивости изготовителю рекомендованы следующие мероприятия:

- расчет на устойчивость продольных элементов жесткости крыши необходимо проводить с учетом возможности возникновения температурных напряжений;
- применение для конструкции крыши материала с меньшим коэффициентом линейного расширения и большим модулем упругости;
- повышение момента инерции элементов продольного набора крыши за счет увеличения их количества и/или применения подкрепляющих элементов большей высоты;
- уменьшение длины пролетов дуг крыши до 680 мм и меньше для существующего гофра;
- окрашивание крыши в белый или серебристо-белый цвет.

Список литературы

- 1 **Сорокина, Е. В.** Результаты испытаний вагона модели 61-4514 на путях Египетской национальной железной дороги при опытном пробеге / Е. В. Сорокина, К. П. Гурьянов, В. А. Грибин // Вестник РГУПС. – 2021. – № 4. – С. 10–14.
- 2 Испытания кузова на прочность и устойчивость от воздействия нормативных ремонтных нагрузок при облучении солнечной радиацией крыши / С. Д. Коршунов [и др.] : сб. науч. тр. VIII Всерос. науч.-практ. конф. – Брянск : БГТУ, 2019. – С. 72–75.
- 3 **Гурьянов, К. П.** Предварительные результаты испытаний опытного пробега вагона модели 61-4514.01 на путях Египетской национальной железной дороги / К. П. Гурьянов, Е. В. Сорокина, В. А. Грибин // Проблемы безопасности на транспорте : материалы X Междунар. науч.-практ. конф. (г. Гомель, 26–27 ноября, 2020 г.) : в 5 ч. Ч. 5 / под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2020. – С. 45–47.
- 4 Исследование влияния избыточной солнечной радиации и боковой ветровой нагрузки на оценку прочности кузова двухэтажного вагона / Е. В. Сорокина // Транспортное машиностроение. – 2023. – № 7 (19). – С. 77–85. – ISSN 2782-5957 (print).

УДК 006.015.8: 625.1

ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИННОВАЦИОННОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА ПРИ ПОДТВЕРЖДЕНИИ СООТВЕТСТВИЯ

З. Ю. ТРЕТЬЯК, В. С. ЗАЙЧИК, Н. М. ПЕРЕКРЕСТОВА, Е. М. АЛЬХОВСКАЯ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Обоснование безопасности является документом о безопасности продукции, которое заявитель при оценке соответствия (изготовитель, продавец (импортер) или уполномоченное изготовителем лицо) предоставляет в составе комплекта доказательных материалов в аккредитованный орган по сертификации для прохождения процедуры подтверждения соответствия железнодорожного подвижного состава в случае неприменения или частичного применения стандартов, включенных в перечень стандартов, в результате применения которых обеспечивается соблюдение требований технического регламента ТР ТС 001/2011 «О безопасности железнодорожного подвижного состава». Обоснование безопасности разрабатывается в соответствии с требованиями ГОСТ 34008-2016 «Железнодорожная техника. Правила подготовки обоснования безопасности» и содержит анализ риска, а также сведения из конструкторской, эксплуатационной, технологической документации о минимально необходимых мерах по обеспечению безопасности, сопровождающий продукцию на всех стадиях жизненного цикла и дополняемый сведениями о результатах оценки рисков на стадии эксплуатации после проведения ремонта.