

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

где ν – кинематическая вязкость жидкости, m^2/c ; 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.

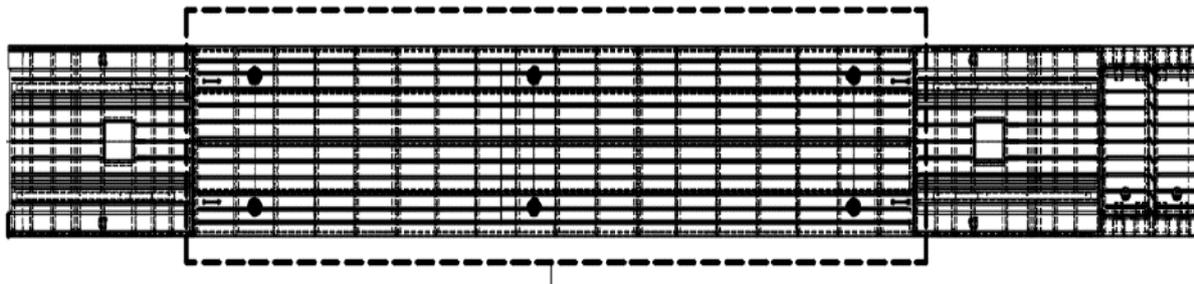


Рисунок 1 – Карта замеров толщины обшивки крыши

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.