

УДК 629.463.12

DOI: 10.30987/1999-8775-2021-8-77-86

О.А. Ворон

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ УНИВЕРСАЛЬНОГО КУЗОВА ДЛЯ ИННОВАЦИОННЫХ ИЗОТЕРМИЧЕСКИХ ВАГОНОВ

Рассмотрены результаты анализа напряженно-деформированного состояния несущей конструкции трех вариантов кузовов рефрижераторных вагонов с различными компоновочными решениями холодильно-нагревательных установок (ХНУ) и вагона-термоса при охлаждении его жидким азотом. С использованием программного комплекса «APM WinMachine» представлены параметры модели базового универсального кузова. Анализ

результатов расчетов показал достаточную прочность и возможности модернизации имеющейся металлоконструкции кузова для использования в качестве универсального кузова изотермического вагона.

Ключевые слова: рефрижераторный подвижной состав, холодильно-нагревательная установка, вагон-термос, кузов, модель, напряженно-деформируемое состояние, прочность.

O.A. Voron

PECULIARITIES OF UNIVERSAL BODY DESIGN FOR INNOVATION REFRIGERATOR CARS

There are considered analysis results of stress-strain state in the load-bearing structure of three versions of refrigerator cars with different arrangement solutions of refrigerating-heating plants (RHP) and a thermos car at its cooling with liquid nitrogen.

By means of the “APM WinMachine” application there are presented model parameters of a basic universal body. The analysis of calculation results has shown sufficient strength and potentialities for updating an available car metal structure for the application as a universal body of a refrigerator car.

Work purpose: the estimation of a stress-strain state in the load-bearing structure of a basic body for insulated cars of different types of refrigerator- and thermos cars.

Investigation methods: for the analysis of the stress-strain state in a load-bearing structure in three versions of the bodies of refrigerator- and thermos cars under loads with “Normal” modes there was used the

“APM WinMachine” software complex realizing a finite element method.

Results and novelty: for the first time there are offered arrangement solutions for the location of refrigeration-heating plants earlier not used for refrigeration rolling-stock (RRS). A stress-strain state of the body of the thermos car at the impact of overpressure upon it of gaseous nitrogen evaporated in cargo compartment is estimated.

Conclusions: the analysis of calculation results for all three versions of the RHP arrangement and a solid body of a thermos car has shown sufficient strength and possibility regarding simple updating an available body metal structure which may be used as a universal car set.

Key words: refrigerator rolling - stock, refrigerator-heating plant, thermos car, body, model, stress-strain state, strength.

Введение

За прошедший период ситуация с состоянием железнодорожного изотермического подвижного состава (ИПС) стала более критической. Парк ИПС продолжает сокращаться из-за списания по истечению срока службы. У основного перевозчика – ОАО «Рефсервис», рабочий парк состоит из вагонов-термосов (ВТ), изотермических вагонов-термосов (ИВТ) и крупнотоннажных рефрижераторных контейнеров (КРК). Объемы железнодорожных перевозок скоропортящихся грузов (СПГ) этими

типами ИПС стабилизировались на уровне 5 млн.т., и поэтому на фоне сокращения спроса на грузовые вагоны в 2020-21 гг. вагоностроительные компании завершили разработку и предлагают несколько моделей вагонов-термосов и автономных рефрижераторных вагонов [1].

Результаты имеющихся попыток некоторых производителей ИПС (Армавирского завода тяжелого машиностроения, Ремпутьмаш и Алтайвагона) были представлены еще в 2017 году на 6 Междуна-

родном форуме ж.-д. техники и технологий EXPO 1520. В 2019 году вагон-термос модели 16-1807-04 был изготовлен, сертифицирован и подготовлен к серийному производству на Петропавловском заводе тяжелого машиностроения. Но представленные инновационные изотермические вагоны пока не достигают технического уровня РПС, поставляемого до 90-х годов из Германии и производимые на Брянском машиностроительном заводе.

Для владельца ИПС основными критериями являются производительность вагона - максимальный полезный объем и грузоподъемность. Грузоподъемность вагона определяется техническими характеристиками тележек и их допускаемыми осевыми нагрузками. Далее по значимости следует тара кузова. На величину полезного объема грузового помещения оказывает влияние мощность и расположение холодильного и энергетического оборудования, рассчитанного на безлюдную эксплуатацию, т.е., техническое обслуживание производится только на сортировочных станциях. Из вышесказанного следует, что ранее существовавший групповой рефрижераторный подвижной состав в виде пятивагонных рефрижераторных секций не будет востребован ввиду наличия и необходимости включения в стоимость перевозки

тарифа за служебно-технический вагон дизель-электростанцию. Поэтому в настоящее время более востребованными будут инновационные автономные рефрижераторные вагоны (АРВ). Алтайский вагоностроительный завод в перспективных моделях заявляет АРВ модели 16-2155, а УВЗ провел сертификацию и уже презентовал АРВ модели 16-5213.

На примере анализа конструкторских решений этих вагонов угадываются преобладающие тенденции и недостатки методологии проектирования изотермического подвижного состава. При рассмотрении АРВ модели 16-2155 прослеживается желание использовать базовую модель крытого вагона с увеличенным объемом кузова. Но из-за более короткого кузова (19 м против 21 м традиционно используемого для рефрижераторных вагонов) и размещение по торцам кузова холодильного оборудования объем грузового помещения составляет всего 100 м³.

При анализе АРВ модели 16-5213 прослеживаются технические решения рефрижераторного вагона пятивагонной секции постройки Брянского машиностроительного завода. Одностороннее расположение холодильного оборудования и кузов длиной 21 м позволяют достичь полного объема 126 м³ (около 115 м³ полезного) [2].

Вариантность исполнения различных типов инновационного ИПС

На основании анализа видов объемов перевозок СПГ в работе [3] была предложена структура и типаж подвижного состава (изотермических вагонов и крупнотоннажных контейнеров) для транспортировки СПГ. В ней предпочтение отдается одиночным автономным вагонам различного типа-отапливаемым, вентилируемым, рефрижераторным.

Рефрижераторный вагон является сложной технической системой, которая сочетает в себе и может выполнять функции в трех различных вариантах использования:

– специализированного рефрижераторного вагона для перевозок СПГ, требующих поддержания необходимого температурного режима, за счет работы холодильно-нагревательного оборудования;

– изотермического вагона при перевозках термосопригодных СПГ, которые сами формируют температурный режим в грузовом помещении;

– универсального грузового вагона, обеспечивающего перевозку и сохранность любого (в т.ч. попутного) рода груза.

Методы конструирования изотермических вагонов должны существенным образом отличаться от метода создания универсальных вагонов, как алгоритмом синтеза, так и методологией расчета и испытаний их работоспособности ввиду разноплановости и сильной зависимости от работы энергохолодильного оборудования, делающего возможным перевозку груза с заданным температурным и вентиляционным режимом. Поэтому для совершенствования конструкции, а также системы

технического обслуживания и эксплуатации ИПС можно использовать метод актуализации технических решений [4].

Технические решения, предлагаемые к использованию, можно разделить на главные и вторичные. Первые определяют основные технико-экономические параметры вагона. Их основу составляет единая модель вагонокомплекта на базе изотермического кузова для вагонов-термосов и рефрижераторных, а их разделение по типам осуществляется за счет возможности трансформации и оборудованием различными вариантами энергохолодильного оборудования. Ко второй группе следует отнести локальные технические решения улучшающие потребительские качества и расширяющие сферу их использования - тип источника энергоснабжения, холодопроизводительность холодильной машины и системы обогрева, конструкция теплоизоляции кузова, системы дистанционного мониторинга, системы создания специальных параметров перевозок [4].

Использование агрегатированного энергохолодильного оборудования и модернизационный ресурс- эти два принципа положены в основу анализа и формирования универсальной конструкции кузова рефрижераторного вагона. Обеспечение трансформации специализированного энергохолодильного оборудования воз-

можно по двум направлениям модернизации. Первое предусматривает комплектацию базовым оборудованием на заводе при формировании типа и модели ИПС с различным исполнением. Второе- получается при формировании съемным оборудованием переменной комплектации в зависимости от конкретной потребности при эксплуатации вагона грузоотправителем [5].

Для них основными показателями являются минимальная масса тары, а значит и максимальная грузоподъемность, и максимальный полезный объем грузового помещения. Выбор конструктивного исполнения кузова изотермического вагона для обеспечения минимальной массы тары проводился по пяти вариантам, обусловленным компоновкой энергохолодильного оборудования. В процессе разработки были созданы объемные модели кузовов с рамами, оценены технико-экономические параметры вагона (полезный объем и длина грузового помещения) проверены технические возможности их изготовления, выполнены прочностные расчеты с возможности обеспечения нормативных показателей, оценены преимущества и недостатки каждого варианта при эксплуатации вагона. Экспериментальная оценка динамических параметров изотермического вагона была рассмотрена в работе [6].

Компоновочные решения холодильно-нагревательных установок для автономного рефрижераторного вагона

Для выбора рациональных схем расположения холодильно-нагревательных установок (ХНУ) в кузове рассматриваются варианты, которые ранее не использовались для РПС, но являются возможными и целесообразными как с точки зрения расположения ХНУ, так и увеличения полезного объема грузового помещения.

Специализированное энергетическое и холодильное оборудование может быть расположено либо посередине или в торцевых частях кузова, т.к. именно там проще всего выделить зоны размещения, оборудованные запорными механизмами и силовыми элементами крепления [7].

С учетом перехода на малообслуживаемые и безлюдные технологии выделе-

ние в кузове вагона машинного отделения является нецелесообразным, поэтому отличительной особенностью этих вариантов является отсутствие в объеме кузова машинного отсека в каком-нибудь виде.

Схема обоснования выбора рационального решения основывается на рассмотрении следующих параметров:

- соответствие нормируемым параметрам прочности,
- технико-экономические параметры грузового помещения (полезный объем и площадь пола),
- металлоемкость,
- трудоемкость обслуживания.

В [8] представлен обзор проблемно-ориентированных программных систем

для решения задач, посвященных методам прочностных расчетов кузовов различных типов подвижного состава. На данный момент в вагоностроении для решения задач расчета тонкостенных подкрепленных армированных систем используются приближённые численные методы. Наибольшее распространение получил метод конечных элементов (МКЭ). Результаты нижеприведенных исследований получены методом конечных элементов на основе использования системы расчета и проектирования механических конструкций и оборудования в области машиностроения и строительства «APM WinMachine» [9, 13].

Модуль *APM Studio* предусматривает специализированный генератор автоматического разбиения на конечные элементы с помощью которого можно задать условия закрепления и нагружения для создания твердотельных и оболочечных элементов. Стержни также разбиваются на конечные элементы в автоматическом режиме с использованием встроенного генератора разбиения.

Модуль *APM Structure 3D* позволяет рассчитать величины напряжений и деформаций в назначенном месте исследуемого элемента кузова с учетом внешнего нагружения и с учетом веса каждого из выбранных элементов.

Расчет исследуемых элементов и мест кузова ведется с учетом имеющихся концентраторов напряжений, что позволяет повысить точность определяемых величин максимально действующих напряжений.

Расчетная модель создавалась с учетом того, что кузов вагона в расчете представляет собой стальную сварную несущую конструкцию, сформированную из листового и фасонного проката [13, 14]. Благодаря наличию мощных силовых элементов рамы (хребтовой, шкворневых, боковых и поперечных ба-

лок) и густой сетки обрешетки стен и крыши кузов изотермического вагона имеет достаточно жесткие контуры поперечных сечений. Листовая гофрированная обшивка, имея малую изгибную жесткость, хорошо сопротивляется сдвигу в своих поверхностях. Вырезы в кузове располагаются в зоне погрузочных дверей и по концевым частям кузова для размещения ХНУ. Размеры проема соответствуют монтажным размерам транспортных навесных холодильных агрегатов «Carrier». Варианты КЭ-моделей для различного исполнения кузова представлены на рис. 1.

Оценка напряженно-деформированного состояния цельнонесущего кузова вагона с рамой проводилась с использованием детализированной пластинчатой конечно-элементной модели. Использование при формировании конечно-элементной расчетной модели пластинчатых конечных элементов позволяет достаточно подробно моделировать конструкцию вагона, включая узлы стыковки балок, и обеспечивать компактность модели.

Конечно-элементная модель кузова и рамы вагона представляет собой пространственную пластинчатую расчетную систему, образованную трех- и четырехузловыми изотропными пластинчатыми элементами, учитывающими все внутренние силовые факторы (мембранные, сдвиговые, поперечные и изгибные) и позволяющими моделировать пластины значительной толщины. Общее количество пластинчатых элементов вагона составило 120142. Элементы объединены в 117276 узлах, число степеней свободы конечно-элементной модели составляет 703656. Закрепление модели в пространстве осуществляется введением связей в вертикальном и поперечном направлениях, по опорной поверхности пятника.

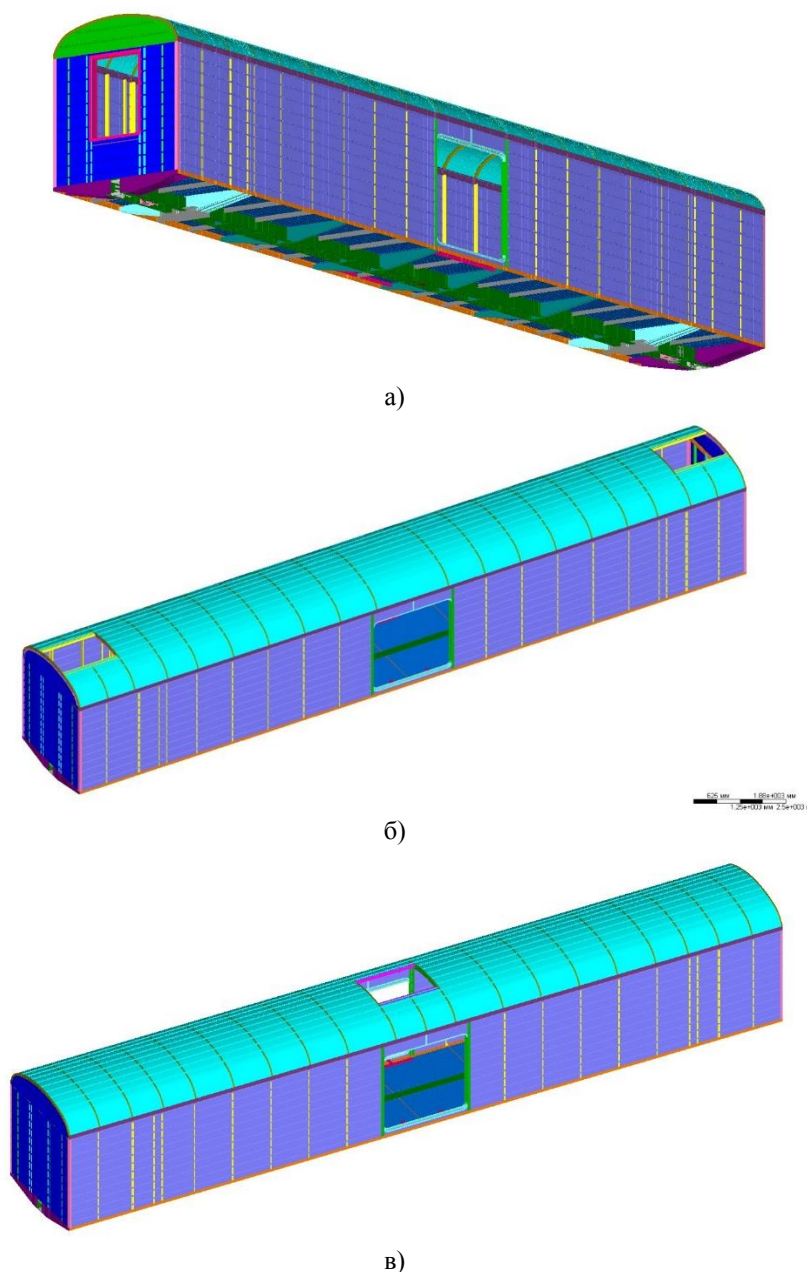


Рис. 1. Варианты конечно-элементных моделей кузова [16]:
 а – торцевое размещение ХНУ; б – торцевое крышевое размещение ХНУ;
 в – центральное крышевое размещение ХНУ.

Как видно из табл.1 самым напряженным является 1 режим удара силой

3МН, поэтому анализ результатов расчетов проведем для этого режима.

Режимы нагружения продольными силами для изотермических вагонов, МН [10]

Вид нагружения	I режим	III режим
Квазистатическое	-2,5/+2,5	-1/+1
Удар-рывок	-3/+2,5	-1/+1

Результаты прочностных расчетов показали следующие значения массы металлоконструкции кузова: 1 вариант - 9940 кг (см. рис. 1а), 2 вариант – 9880 кг (см.

рис. 1б), 3 вариант – 9870 кг (см. рис. 1в) [11].

Анализ результатов расчетов по первому варианту с торцевым расположением

ХНУ показал, что при ударе 3 МН в пустой вагон максимальные напряжения появляются в верхней обвязке торцевой стены (уголок 84×63, в зоне соединения с центральными торцевыми стойками).

Расчеты по второму варианту с размещёнными в крыше торцевыми ХНУ показали, что при режиме удар 3 МН в пустой вагон, с учетом нагрузки от веса и сила инерции, максимальные напряжения появляются в поперечной обвязке проёма (усиленная дуга торцевой стены, в зоне соединения с продольной обвязкой проёма).

Расчеты по третьему варианту с размещёнными ХНУ в центре крыши показана-

ли, что максимальные напряжения получились в поперечной обвязке проёма (усиленная дуга, в зоне соединения с продольной обвязкой проёма). В целом, величина эквивалентных напряжений ниже, чем в предыдущих вариантах. Конструкция менее жёсткая, симметричная в двух плоскостях, работает равнозначно и напряжения распределяются равномернее.

Пример полей распределения эквивалентных напряжений в элементах конструкции кузова при крышевом торцевом варианте размещения ХНУ при I режиме нагружения удар (-3,0 МН) представлены на рис. 2 [14].

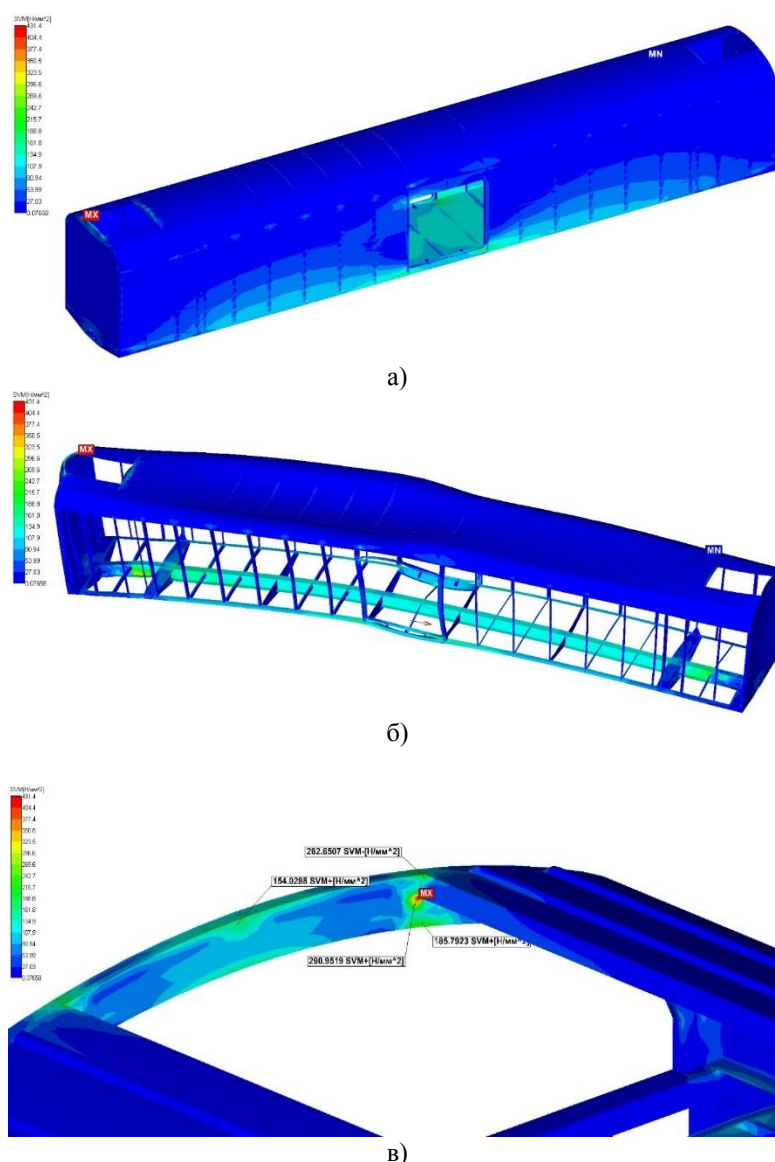


Рис. 2. Поля распределения эквивалентных напряжений в элементах конструкции кузова при крышевом торцевом варианте размещения ХНУ при I режиме нагружения удар (-3,0 МН):
а – общий вид; б – напряжения с деформацией; в – торцевая дуга крыши (вид изнутри)

Модернизированный вагон-термос с возможностью захолаживания жидким азотом

Особенностью конструкции кузова вагона-термоса является наличие только двух вырезов для погрузочных дверей. Поэтому для «глухого» изотермического кузова вагона-термоса была использована адаптированная для этого варианта модель кузова.

В процессе расчетов моделируется напряженно-деформированное состояние кузова изотермического вагона при интенсивной термообработке замороженного груза и впрыске жидкого азота [12,13]. Ввиду того, что объем испарившегося жидкого азота увеличивается примерно в 400-700 раз (в зависимости от температурного режима), то давление в грузовом помещении значительно повышается, что может создать угрозу целостности кузова.

Общее количество пластинчатых элементов этой модели вагона составило 123040. Элементы объединены в 119886 узлах, число степеней свободы конечно-элементной модели составляет 719316. Закрепление модели в пространстве осуществляется введением связей в вертикальном и поперечном направлениях, по опорной поверхности пятника.

В расчетной модели хребтовая, концевые, шкворневые, боковые и поперечные балки рамы, элементы кузова и обшивы представлены в виде пластин с соответствующими толщинами.

Принятые допущения учитывают, что нагрузка от давления распределялась равномерно во всей внутренней поверхности кузова. Для исследования были определены два режима. Первый – для порожнего кузова, второй – с учетом размещения

на полу грузового помещения плотного штабеля перевозимого замороженного груза [13].

Технические условия ИПС оценивают плотность (герметичность) грузового помещения по величине расхода газовой среды при давлении 50 Па. Поэтому для проведения расчетов загруженного вагона в качестве начального взята нормируемая величина герметичности грузового помещения 50 Па. Затем расчеты продолжались с переменным шагом 100, 200, 400, 1000 Па и т.д. При появлении предельных напряжений в наиболее нагруженных местах тех же 3-4 силовых элементов металлоконструкции кузова дальнейшие расчеты прекращались.

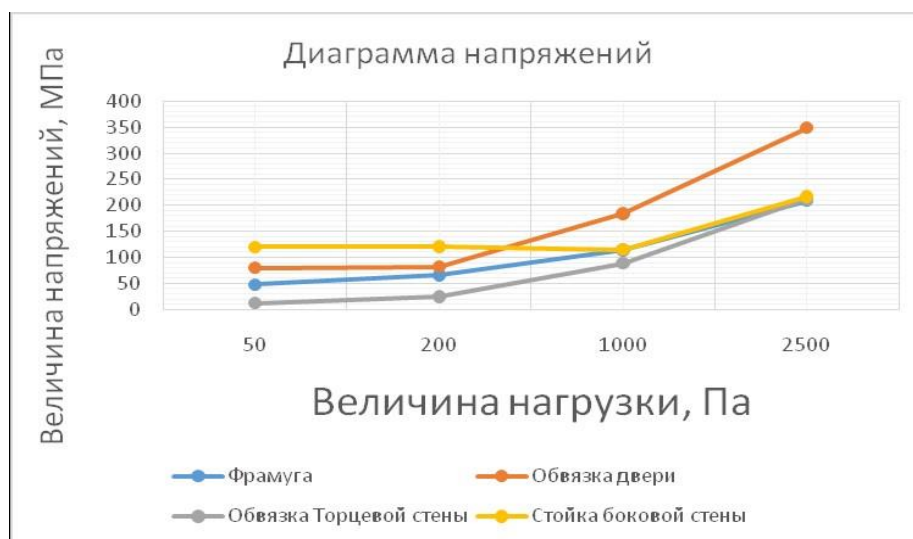
Анализ результатов проведенного моделирования воздействия избыточного давления на металлоконструкцию кузова изотермического вагона показал, что наиболее уязвимыми местами с наибольшими величинами напряжений и деформаций являются фрамуга торцевой стены, обвязка погрузочных дверей, обвязка торцевой стены и листы пола (табл. 2) и на (рис. 3).

Следовательно, при повышении давления в грузовом помещении вагона с замороженным грузом до 2500 Па в обвязке двери возникают напряжения (349 МПа), превышающие допустимые. Полученные данные можно использовать в качестве исходных для формирования граничных условий для теплотехнических расчетов и разработки безопасной технологии захолаживания груза с помощью жидкого азота.

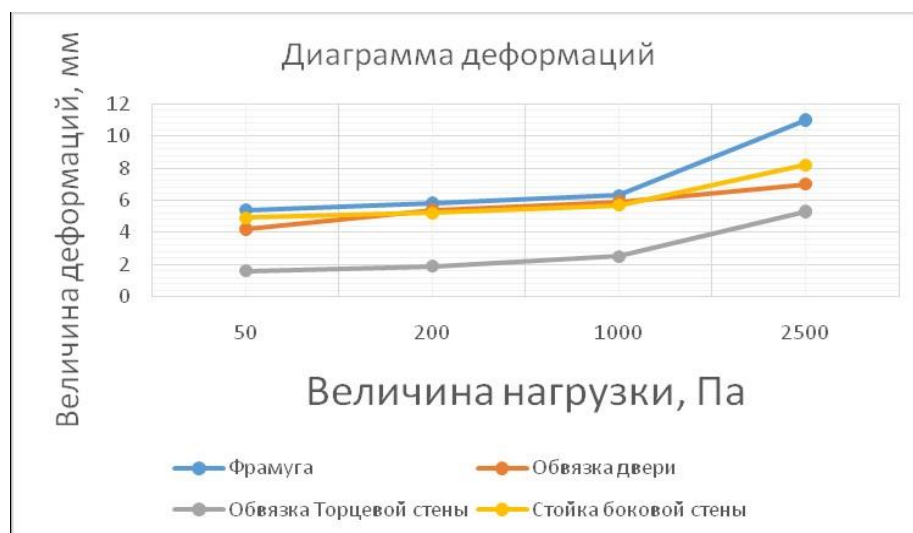
Таблица 2

Величины напряжений для груженого вагона

Элемент кузова	Марка стали	Предел текучести, МПа	Эквивалентные напряжения, МПа (максимальные)				Максимальные общие деформации, мм			
			50	200	1000	2500	50	200	1000	2500
Фрамуга	09Г2Д	345	48	66	114	209	5,4	5,8	6,3	11
Обвязка двери	09Г2Д	345	80,1	82	184	349	4,2	5,4	5,9	7
Обвязка торцевой стены	09Г2Д	345	12	24,8	89	212	1,6	1,9	2,5	5,3
Стойка боковой стены	09Г2Д	345	120	121	115	217	4,9	5,2	5,7	8,2



а)



б)

Рис. 3. Эквивалентные напряжения в узлах груженого вагона:
а - диаграмма напряжений; б - диаграмма деформаций

Заключение

В целом анализ результатов расчетов по всем трем вариантам размещения ХНУ показал достаточную прочность и возможность относительно простой модернизации имеющейся металлоконструкции кузова, которую можно использовать в качестве универсального вагонокомплекта. Вместе с тем, в качестве мер по усилению узлов металлоконструкции кузова, предложено при установке на крыше по периметру дополнительное усиление крыши продольными элементами, развитое на 2-3 соседних дуги, что необходимо для более равномерного включения в работу других несущих элементов крыши и боковин. Ана-

лиз аналогичных цельнонесущих металлоконструкций кузовов пассажирских вагонов показывает, что величины напряжений в крыше имеют одни из самых меньших значений. Это подтверждается и анализом результатов расчетов во всех трех вариантах компоновок ХНУ. Для дуг и обшивки крыши коэффициент запаса лежит в пределах 3,1...4,7.

Несмотря на лучшие технические показатели этого варианта он потребует трудоемкой технологической подготовки производства, а затрудненный доступ к обслуживанию оборудования в пути следования, вероятно, вызовет негативное от-

ношение эксплуатирующих организаций. При торцевой установке ХНУ также целесообразно усиление каркаса поперечными элементами снизу до углов боковин, а сверху, как один из возможных вариантов, необходимы диагональные тяги, замкнутые на продольные обвязки боковин. Эти меры позволят включить в работу другие несущие элементы кузова и за счет пере-

распределения нагрузки на элементы каркаса и снизить величины напряжений по периметру проема холодильной установки. Также для всех вариантов актуальным является изготовление силовых элементов проемов для холодильного оборудования со скругленными углами несущих элементов в местах соединения поперечных и продольных балок кузова [15].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Алтайвагон» представил автономный рефрижераторный вагон – Текст: электронный. – URL: <https://holodcatalog.ru/news/new-equipment/altayvagon-predstavil-avtonomnyu-refrizheratornyu-vagon/> (дата обращения 01.09.2017)
2. ООО «РусРеф» сертифицировал вагоны рефрижераторные модели 16-5213 – Текст: электронный. – URL: <https://wagon-cargo.ru/news/ooo-rusref-sertifitsiroval-vagony-refrizheratornye-modeli-16-5213> (дата обращения 01.07.2021)
3. Ворон, О. А. Актуализация технических решений для изотермического подвижного состава при перевозках скоропортящихся грузов / О. А. Ворон // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2020. - №1. – С. 56-65.
4. Ворон, О. А. Использование метода актуализации технических решений для создания модели функционального взаимодействия систем автономного рефрижераторного вагона/ О. А. Ворон // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2021. - №2. - С. 86-94
5. Ворон, О. А. Отопительно-вентиляционная система грузового помещения для модернизации изотермических вагонов-термосов / О. А. Ворон, В. В. Косаревский // Транспорт: наука, образование, производство : сб. науч. тр./ Технические и экономические науки / Ростовский государственный университет путей сообщения. - Ростов н/Д, 2020. – Т. 3. - С.302-306.
6. Волков, И. В. К вопросу о повышении достоверности динамических характеристик перспективного изотермического подвижного состава / И. В. Волков, О. А. Ворон, Ю. П. Булавин, Ю. И. Жарков, П. Н. Щербак, П. Ю. Коновалов. – Текст электронный // Инженерный вестник Дона: электронный журнал. - URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4504> .
7. Ворон, О. А. Направления совершенствования технико-экономических и эксплуатационных параметров перспективных изотермических вагонов / О. А. Ворон, Ю. П. Булавин, О. В. Зибиров, Б. Г. Гаврилов // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2020. - №1(50). - С. 17-21.
8. Кобищанов, В. В. Вагоны. Основы конструирования и экспертизы технических решений / В. В. Кобищанов. - М.: Маршрут. – 2005. - 490 с.
9. Замрий, А. А. Проектирование и расчет методом конечных элементов в среде *APM Structure3D* / А. А. Замрий. – Москва: Изд-во АПМ, 2010. – 259 с.
10. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М.: ГосНИИВ – ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.
11. Ворон, О. А. Анализ силовых конструкций кузова рефрижераторного вагона с учетом компоновки энергохолодильного оборудования / О. А. Ворон, Ю. П. Булавин, В. И. Ширококов// Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2016. - №3 (36). – С. 24-32.
12. Ворон, О. А. Модернизация специализированного оборудования для ИВ-термосов и вагонов-термосов с целью расширения их функциональных возможностей / О. А. Ворон // Подвижной состав XXI века: идеи, требования, проекты : сб. докладов V Междунар. конф. – СПб, 2007.
13. Ворон, О. А. Особенности оценки прочности металлоконструкции кузова изотермического вагона, охлаждаемого жидким азотом / Е. А. Василькова, О. А. Ворон// Транспорт: наука, образование, производство : сб. науч. тр./ Технические и экономические науки / Ростовский государственный университет путей сообщения. - Ростов н/Д, 2019. – Т. 3. – С. 266 – 269. - ISBN 978-5-88814-988-1.
14. Ворон, О. А. Проблемы транспортной инфраструктуры при транспортировке рыбы в современных условиях / О. А. Ворон, Ю. П. Булавин, В. И. Ширококов// Труды Российского государственного университета путей сообщения. – 2016. - №3 (36). – С. 24-32.
15. Коршунов, С. Д. Методика расчетно-экспериментальных исследований кузовов современного подвижного состава / С. Д. Коршунов, А. Н. Скачков, С. Л. Самошкин, Д. И. Гончаров, А. С. Жуков // Известия Петербургского государственного университета путей сообщения. – 2015. - № 4. - С. 38-47.

1. "Altayvagon" presented autonomous refrigerator car – Text: electronic. - URL: <https://holodcatalog.ru/news/new-equipment/altayvagon-predstavil-avtonomnyy-refrizheratornyy-vagon/> (address date: 01.09.2017.)
2. "RusRef" PC certified cars of a refrigerator model 16-5213 – Text: electronic. - URL: <https://wagon-cargo.ru/news/ooo-rusref-sertifitsiroval-vagony-refrizheratornye-modeli-16-5213> (address date: 01.07.2021)
3. **Voron, O.A.** Engineering solution actualization for refrigerated rolling stock at perishable goods transportation / O.A. Voron // *Bulletin of Rostov State University of Railway Communications*. 2020. – No.1. – pp. 56-65.
4. **Voron, O.A.** Use of engineering solutions actualization method for formation of model of operation interaction in systems of autonomous refrigerator car/ O.A. Voron // *Bulletin of Rostov State University of Railway Communications*. – 2021. – No.2. – pp. 86-94.
5. **Voron, O.A.** Heating-ventilation system of cargo room for updating insulated thermos cars / O.A. Voron, V.V. Kosarevsky // *Transport: science, education, production: Proceedings / Engineering and Economic Sciences / Rostov State University of Railway Communications*. – Rostov-upon-Don, 2020. – Vol.3. – pp. 302-306.
6. **Volkov, I.V.** To the problem of dynamic characteristics credibility increase for promising insulated rolling stock / I.V. Volkov, O.A. Voron, Yu.P. Bulavin, Yu.I. Zharkov, P.N. Shcherbak, P.Yu. Konovalov. – Text: electronic // *Engineering Bulletin of the Don: electronic journal*. - URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4504> .
7. **Voron, O.A.** Directions for updating engineering-economic and operation parameters of promising insulated cars / O.A. Voron, Yu.P. Bulavin, O.V. Ziberov, B.G. Gavrilo // *Proceedings of Rostov State University of Railway Communications*. – 2020. – No.1 (50). – pp. 17-21.
8. **Kobishchanov, V.V.** *Cars. Fundamentals of Design and Examination of Engineering Solutions /* V.V. Kobishchanov. – M.: Route. – 2005. – pp. 490.
9. **Zamry, A.A.** *Designing and Computation through Finite Element Method in APM Structure3D Environment /* A.A. Zamry. – Moscow.: APM Publishers, 2010. – pp. 259.
10. Standards for Computation and Designing Railway Cars of Railway Ministry for 1520mm Track (**non-self-propelled**). – M.: StateCRI – RRIRT, 1996. – pp. 319.
11. **Voron, O.A.** Analysis of body power structures in refrigerator car taking into account arrangement of power-cooling equipment / O.A. Voron, Yu.P. Bulavin, V.I. Shirobokov // *Proceedings of Rostov State University of Railway Communications*. – 2016. – No.3 (36). – pp. 24-32.
12. **Voron, O.A.** Updating of special equipment for insulated thermos cars and thermos cars to increase their operation potentialities / O.A. Voron // *Rolling Stock of the XXI Century: Ideas, Requirements, Designs: Proceedings of the V-th Inter. Conf.* – S-P, 2007.
13. **Voron, O.A.** Peculiarities in body metal structure strength estimate in insulated car cooled with liquid nitrogen / E.A. Vasilkova, O.A. Voron // *Transport: Science, Education, Production: Proceedings / Engineering and Economic Sciences / Rostov State University of Railway Communication*. – Rostov-upon-Don, 2019. – Vol.3. – pp. 266-269. - ISBN 978-5-88814-988-1.
14. **Voron, O.A.** Transport infrastructure problems at fish transportation under modern conditions / O.A. Voron, Yu.P. Bulavin, V.I. Shirobokov // *Proceedings of Russian State University of Railway Communications*. – 2016. – No.3 (36). – pp. 24-32.
15. **Korshunov, S.D.** Procedure for calculation-experimental investigations of modern rolling stock bodies / S.D. Korshunov, A.N. Skachkov, S.L. Samoshkin, D.I. Goncharov, A.S. Zhukov // *Proceedings of Saint-Petersburg State University of Railway Communications*. – 2015. – No.4. – pp. 38-47.

Ссылка для цитирования:

Ворон, О.А. Особенности конструкции универсального кузова для инновационных изотермических вагонов / О.А. Ворон // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2021. - № 8. – С. 77 - 86 . DOI: 10.30987/1999-8775-2021-8-77-86.

Статья поступила в редакцию 25.07.21.

Рецензент: к.т.н., доцент Брянского государственного технического университета, Антипин Д.Я.,

член редсовета журнала «Вестник БГТУ».

Статья принята к публикации 26.07.21.

Сведения об авторе:

Ворон Олег Андреевич, к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Вагоны и вагонное хозяйство» Ростовского государственного университета путей сообщения, e-mail: rgups_voron@mail.ru.

Voron Oleg Andreevich, Can. Sc. Tech., Assistant Prof., Head of the Dep. "Cars and Car Depot", Rostov State University of Railways", e-mail: rgups_voron@mail.ru.