

В. И. ПРИХОДЬКО, О. А. ШКАБРОВ (ОАО «КВСЗ»), С. В. МЯМЛИН,  
П. А. ЯГОДА (ДИИТ)

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КУЗОВОВ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ ДЛЯ СКОРОСТНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Пропонуються варіанти удосконалення конструкції і зниження ваги кузовів пасажирських вагонів. Розроблена математична модель для вивчення напружено-деформованого стану кузова. Наведені деякі результати.

Предлагаются варианты совершенствования конструкции и снижения веса кузовов пассажирских вагонов. Разработана математическая модель для изучения напряженно-деформированного состояния кузова. Приведены некоторые результаты.

The article offers some options of improving design and reducing the weight of passenger car bodies and develops a mathematical model for studying the strained-deformed state of the body. Some practical results have been presented.

Улучшение технико-экономических параметров рельсовых экипажей возможно различными способами, но приемлемыми следует считать те, которые приводят в конечном итоге к повышению доходности эксплуатации подвижного состава.

Одним из наиболее существенных способов улучшения технико-экономических характеристик подвижного состава является снижение металлоемкости несущих конструкций. Уменьшение массы тары рельсовых эки-

пажей, как известно, способствует также снижению энергопотребления, расходуемого на тягу поездов. Но эти мероприятия следует проводить обосновано: с учетом соблюдения нормативных значений по допускаемым напряжениям в элементах и узлах металлоконструкции. Рассмотрим некоторые варианты совершенствования конструкции кузовов пассажирских вагонов для скоростных перевозок на примере вагонов поездов «Столичный экспресс» (рис. 1) [1].



Рис. 1. Вагоны для скоростных перевозок

Описанию математической модели посвящена статья [2]. Кузов рассматривался как система стержневых и пластинчатых конечных элементов. Расчетная схема приведена на рис. 2. Как стержни рассматривались стойки и верхняя обвязка боковых стен, дуги крыши и др. (фрагмент стержневой конструкции показан на рис. 3). Рама кузова, нижняя обвязка, обшива боковых стен, торцевые стены, обшива крыши

и настил пола моделировались с помощью пластинчатых конечных элементов.

Стержневые конечные элементы работают на растяжение (сжатие), изгиб, кручение и сдвиг. Плоские конечные элементы работают на изгиб (как пластины) и на растяжение (сжатие) под действием сил, линии действия которых лежат в срединной плоскости.

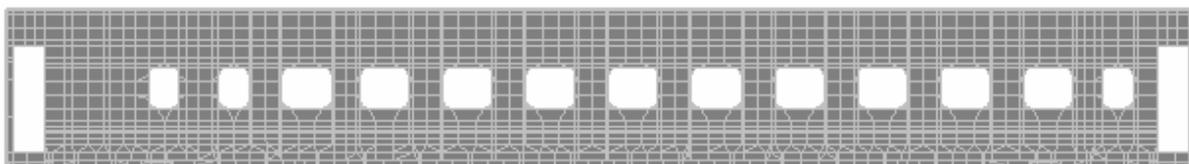


Рис. 2. Расчетная схема кузова пассажирского вагона

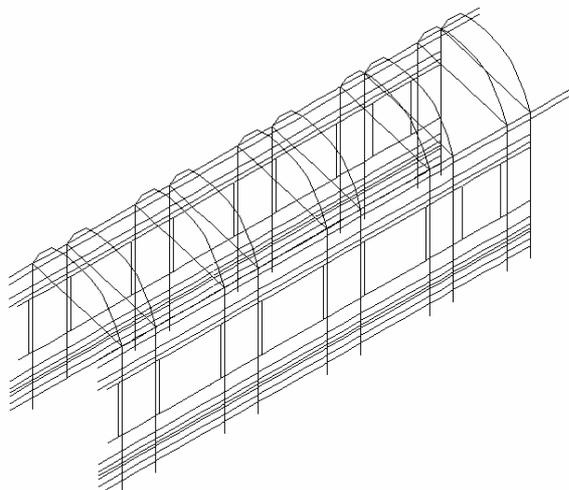


Рис. 3. Фрагмент стержневой конструкции кузова

Расчеты выполнялись при помощи метода конечных элементов с использованием программного комплекса SCAD [3] в соответствии с нормами [4].

Всего расчетная схема содержит 7220 узлов и 11458 конечных элементов.

При проведении расчетов рассматривалось три варианта приложения нагрузок. Первый вариант отвечает I расчетному режиму, второй вариант – III режиму при скорости движения 160 км/ч, третий вариант – III режиму при скорости движения 200 км/ч. Нагрузки, которые прикладываются в каждом из вариантов, приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Нагрузки при разных расчетных режимах**

Расчетный режим	Продольная нагрузка, кН	Вертикальная нагрузка, кН	Боковая нагрузка, кН
I	-2500	510	—
III (160 км/ч)	+1000	641	95,3
III (200 км/ч)	+1000	669	95,3

Для подтверждения правильности созданной модели результаты расчета кузова при стандартных толщинах обшивки сравнивались с экспериментальными данными: напряжения в кузове, полученные при расчете по первому

расчетному режиму сравнивались с результатами ударных испытаний, а по третьему – с результатами ходовых динамических испытаний. Сходимость результатов позволила продолжить исследования напряженно-деформированного состояния кузова вагона при различных его модернизациях.

Исследования проводятся с целью уменьшить массу тары кузова пассажирского вагона для возможности повышения скорости движения. Учитывается также тенденция создания кузовов с гладкой обшивкой (без гофр).

Рассматривались следующие варианты изменения конструкции и параметров кузова:

- толщина обшивки боковых стен составляет 2 мм, крыши – 1,5 мм;
- толщина обшивки боковых стен и крыши составляет 1,5 мм;
- толщина обшивки боковых стен составляет 2 мм, крыши – 1,5 мм; стержни, моделирующие гофры, удалены;
- толщина обшивки боковых стен и крыши составляет 1,5 мм; стержни, моделирующие гофры, удалены.

Результаты расчетов приведены в табл. 2 и на рис. 4–7.

На графиках значению 2,5 мм соответствуют напряжения в кузове при стандартных толщинах обшивки.

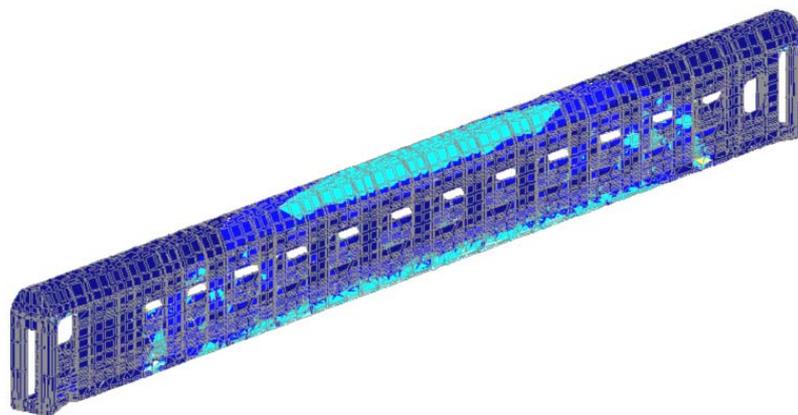
Анализируя полученные зависимости, можно сделать вывод, что такие элементы кузова как рама, крыша (рис. 5) и торцевые стены (последние на графиках не приводятся ввиду малости возникающих в них напряжений) независимо от наличия гофр и расчетного режима обладают достаточным запасом прочности.

Наиболее «узкое» место – это боковые стены вагона (рис. 6) при нагружении по третьему расчетному режиму. Концентраторами напряжений являются углы окна. Из графиков видно, что при уменьшении толщины обшивки до 2 мм напряжения возрастают примерно на 20 МПа, но остаются значительно ниже допустимого значения 190 МПа для применяемой стали 09Г2Д. Уменьшение толщины обшивки до 1,5 мм приводит к росту напряжений до пределов допустимых, а при III р.р. (200 км/ч) даже к превышению их.

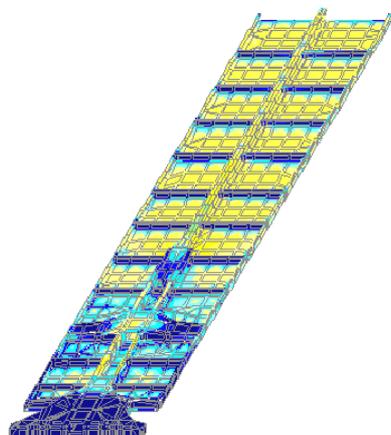
Напряжения в элементах кузова вагона при разных толщинах обшивки, МПа

Элемент кузова	Толщина обшивки, $\delta$ мм	I р.р.	III р.р. (160км/ч)	III р.р. (200км/ч)	Толщина обшивки, $\delta$ мм	I р.р.	III р.р. (160км/ч)	III р.р. (200км/ч)
Кузов с гофрами					Кузов без гофр			
Рама	2,5	157,24	119,52	124,81	2,5	158,85	119,9	125,18
	2,0	158,47	120,88	126,18	2,0	160,28	120,1	126,4
	1,5	161	133,08	137,13	1,5	163	133,2	137,18
Стена боковая подветренная	2,5	139	134,48	139,4	2,5	137,3	132,85	137,76
	2,0	140,3	154,54	160,25	2,0	140,85	152,31	158,02
	1,5	150,62	187,34	194,57	1,5	160,38	184,38	191,56
Стена боковая неподветренная	2,5	120,97	141,43	146,62	2,5	129,22	140,28	145,44
	2,0	127,85	159,91	165,93	2,0	139,1	158,13	164,08
	1,5	149,16	193,23	200,73	1,5	160	190,61	198
Крыша	2,5	57,86	103,02	103,95	2,5	49,39	106,64	107,64
	2,0	66,15	103,49	104	2,0	54,94	107,34	108,53
	1,5	89,43	117,28	117,7	1,5	75,66	120,3	120,75

а



б



в

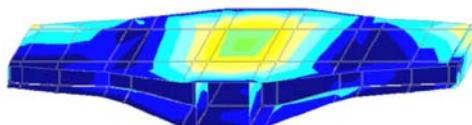
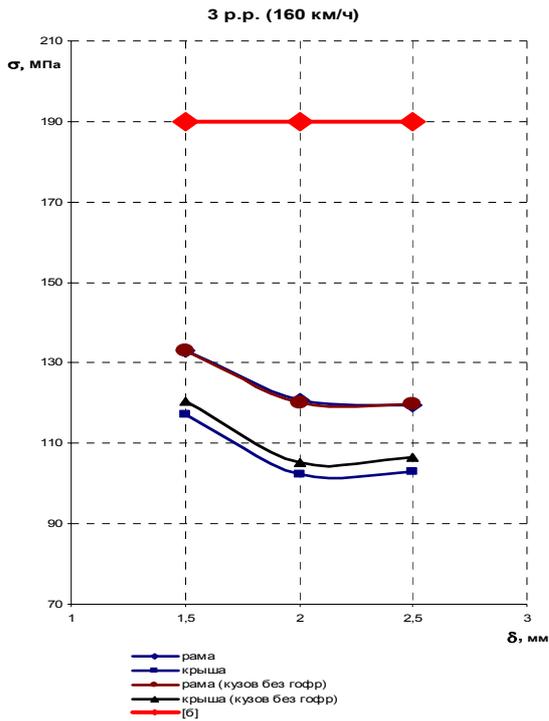


Рис. 4. Напряжения в кузове вагона (а), в раме, вид снизу (б), в шкворневой балке (в)

*a*



*б*

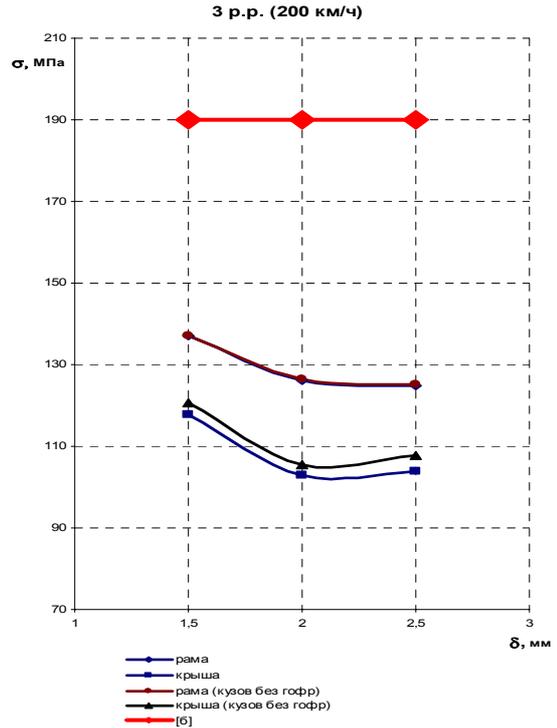
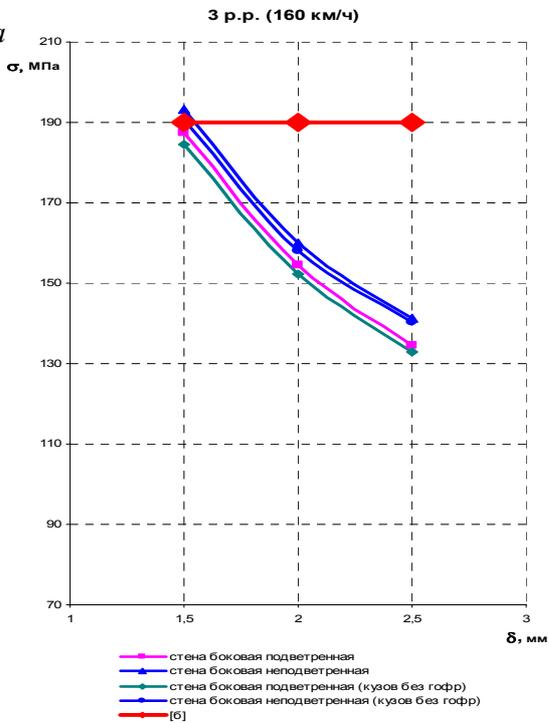


Рис. 5. График зависимости напряжений в раме и крыше вагона при III р.р.:  
*a* – скорость движения 160 км/ч; *б* – скорость движения 200 км/ч

*a*



*б*

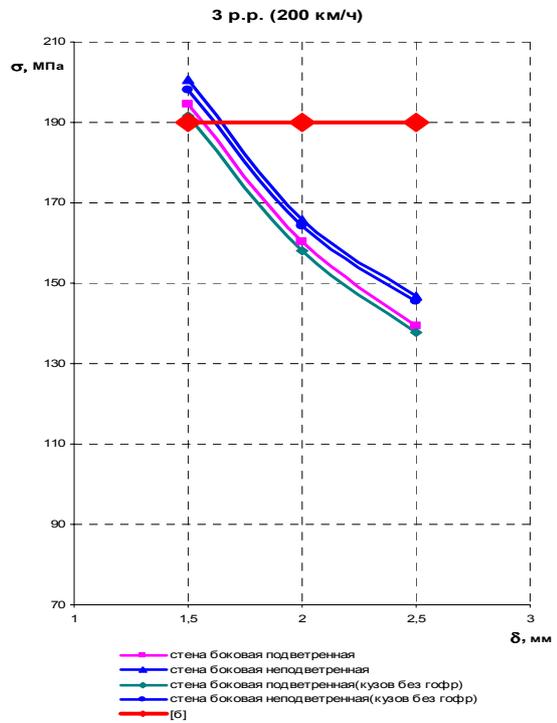


Рис. 6. График зависимости напряжений в боковых стенах вагона при III р.р.:  
*a* – скорость движения 160 км/ч; *б* – скорость движения 200 км/ч

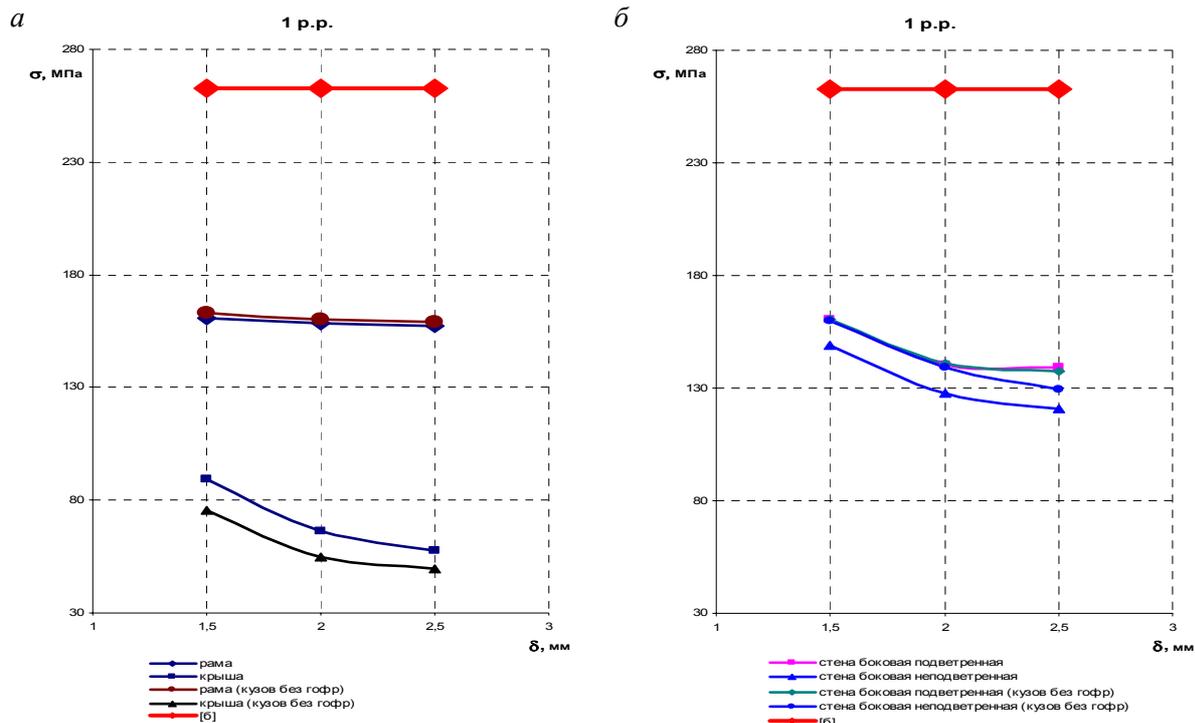


Рис. 7. График зависимости напряжений:

а – в раме и крыше вагона при I р.р.; б – в боковых стенах вагона при I р.р.

Таким образом, на основе полученных результатов можно сделать вывод, что уменьшение толщины обшивы кузова до 2 мм существенно не влияет на напряженно-деформированное состояние, но при этом достигается снижение масса тары вагона на 1,05 т, что составляет 1,78 %. Предложенный вариант уменьшения металлоемкости конструкции кузова вагона совместно с другими мероприятиями позволит повысить скорость движения, снизить расход электроэнергии на тягу и тем самым повысить технико-экономические характеристики пассажирских вагонов для скоростных перевозок.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федюшин Ю. М. Розробка, створення, освоєння виробництва та впровадження сімейства моделей вітчизняних сучасних пасажирських вагонів для швидкісних перевезень / Ю. М. Федюшин, Л. М. Лобойко, О. М. Пшінько та ін. // Ві-

- сник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2005. – Вип. 7 – С. 5–24.
2. Мямлин С. В. Снижение веса металлоконструкции пассажирских вагонов для скоростных перевозок / С. В. Мямлин, О. А. Шкабров, П. А. Ягода, Т. И. Дедаева // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2006. – Вип. 13. – С. 118–120.
3. Карпиловский В. С. SCAD для пользователя. – К.: ВВП «Компас», 2000. – 358 с.
4. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1 520 мм (несамоходных). – М.: ВНИИВ–ВНИИЖТ, 1983. – 258 с.

Поступила в редакцию 09.10.2006.