

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ КРЫТЫХ ВАГОНОВ

С. В. Мямлин¹, Н. Г. Мурашова², И. Ю. Кебал³, А. З. Кажженов⁴

¹ Д. т. н., профессор, проректор по научной работе

Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта им. акад. В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, г. Днепропетровск, 49010, Украина, тел. +38 (056) 776-84-98

² Научный сотрудник ПКТБ Днепропетровского национального университета

железнодорожного транспорта им. акад. В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, г. Днепропетровск, 49010, Украина, тел./факс +38 (056) 371-51-12, эл. почта: nmyr79@mail.ru

³ Аспирант кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» Днепропетровского

национального университета железнодорожного транспорта им. акад. В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, г. Днепропетровск, 49010, Украина, эл. почта: spyhunter-08@mail.ru

⁴ Директор ТОО «Конструкторское бюро транспортного машиностроения»,

ул. Потанина, 9, ком. 205, г. Астана, Казахстан, тел./факс +7 (7172) 52-56-51

Цель. Важным направлением реализации требований к подвижному составу нового поколения является формирование грузового парка на основе моделей вагонов отечественного производства, которые имеют современный уровень технико-экономических и эксплуатационных показателей. Наиболее приспособленными для перевозки тарных грузов и грузов, которые требуют защиты от атмосферных факторов, являются крытые вагоны. Поэтому необходимо создать парк перспективных моделей крытых вагонов нового поколения для уменьшения количества крытых вагонов с истекшим сроком службы. **Методика.** Исследование конструктивных особенностей крытых вагонов производится путем изучения конструкторской документации на крытые вагоны различных производителей, а также по материалам научных публикаций с данными разработчиков о полученных в ходе теоретических и экспериментальных исследований результатах. **Результаты.** Рассмотрены конструктивные особенности основных моделей крытых вагонов различных производителей стран СНГ. При этом определено, что для транспортировки грузов, требующих защиты от атмосферных факторов, возможно применение не только крытых вагонов, но и вагонов-термосов с применением дополнительной теплоизоляции. **Практическая значимость.** Поскольку кузов вагона представляет сложную статически неопределимую систему, обеспечить интенсивную работу всех несущих элементов и, соответственно, получить конструкцию минимальной металлоемкости методами традиционного проектирования затруднительно. Решить эту задачу можно на основании теории оптимального проектирования конструкций (ОПК). Основное внимание в разработках уделено дальнейшему совершенствованию конструкции крытых вагонов методом ОПК, которые смогут обеспечивать выполнение требований, предъявляемых к современному инновационному подвижному составу.

Ключевые слова: парк грузовых вагонов, крытый вагон, профиль, наружная обшивка, параметры конструкции, крышки люков.

Эффективность, функционирование и конкурентоспособность железных дорог в значительной степени зависит от уровня безопасности процесса перевозок, скорости доставки грузов и величины эксплуатационных расходов. Поэтому к подвижному составу предъявляют такие требования, как высокая надежность, низкая первоначальная стоимость, значительное снижение эксплуатационных расходов и т. д. Важным направлением реализации этих требований является формирование грузового парка на основе моделей вагонов отечественного производства, которые имеют современный уровень технико-экономических и эксплуатационных показателей [1; 2].

Наиболее приспособленными для перевозки тарных грузов и грузов, требующих защиты от атмосферных факторов, являются вагоны крытой конструкции. Поскольку кузов вагона — это сложная и статически неопределимая система, обеспечить интенсивную работу всех несущих элементов и, соответственно, получить конструкцию минимальной металлоемкости методами традиционного проектирования затруднительно. Решить эту задачу можно на основании теории оптимального проектирования конструкций (ОПК).

Под оптимальным проектированием понимается поиск таких проектных параметров конструкции, при которых она будет наилучшей из всех возможных вариантов с учетом заданных ограничений. Задачей ОПК является подбор параметров проектирования, удовлетворяющих заданным ограничениям, при которых функция цели (критерий качества проектирования) будет иметь экстремальное значение (например, объем металла в конструкции будет минимальным) [3].

Для обновления парка грузовых вагонов и уменьшения количества крытых вагонов с истекшим сроком службы необходимо создание вагонов нового поколения. Поэтому тема данного исследования, связанная с совершенствованием конструкций крытых вагонов, является актуальной для железнодорожного транспорта.

Исследование конструктивных особенностей крытых вагонов производится путем изучения конструкторской документации различных производителей, а также по материалам научных публикаций разработчиков о полученных в ходе теоретических и экспериментальных исследований результатах.

Крытые вагоны предназначены для перевозки штучных, тарно-штучных, пакетированных и насыпных грузов, требующих

Таблица

Технические характеристики универсальных крытых вагонов

Показатель	Модель вагона			
	11-066	11-217	11-260	11-270
Грузоподъемность, т	68	68	72	68,5
Масса тары, т	21,23	24	24	24,5
Объем кузова, м ³	120	120	140	122
База вагона, м	10	10	12,24	10
Длина, м				
— по осям сцепления автосцепок	14,73	14,73	16,97	14,73
— по концевым балкам рамы	13,87	13,87	15,75	13,87
Ширина дверного проема, м	2,0	3,825	3,973	3,802
Высота кузова внутри (по боковой стене), м	2,79	2,737	3,05	2,9
Коэффициент тары	0,32	0,35	0,388	0,357
Удельный объем, м ³ /т	1,77	1,77	2,09	1,78
Нагрузка на погонный метр пути, кН/м	59	62	59	61,8

укрытия и защиты от воздействия атмосферных осадков и хищения.

Технические характеристики некоторых моделей универсальных крытых вагонов приведены в таблице.

К обычным конструктивным элементам кузова крытого вагона относятся: рама, боковые и торцевые стены, крыша и боковые двери, люки для загрузки и выгрузки грузов. Отличительной особенностью универсальных крытых вагонов является наличие боковых дверей, настенного внутреннего несъемного оборудования и люков с вентиляционными решетками на боковых стенах. Наибольший удельный вес в вагонном парке составляют модели вагонов последних лет выпуска 11-066, 11-217, 11-260, 11-270 и др. Так, толщина каркаса кузова вагона модели 11-217 без раскосов с металлической гофрированной наружной обшивкой из низколегированной стали марки 10ХНДП составляет 3 мм снизу и 2,5 мм сверху. Внутренняя обшивка кузова выполнена из влагостойкой фанеры марки ФСФ толщиной 10 мм. Вагоны модели 11-066 имеют раскосно-стоечную конструкцию кузова, а часть из них — деревянную обшивку стен [4].

Рассмотрим более детально конструктивные особенности универсального крытого вагона модели 11-217 постройки Алтайского вагоностроительного завода, предназначенного для эксплуатации на железных дорогах СНГ с шириной колеи 1520 мм, а также на реконструированных линиях железных дорог Западной Европы с шириной колеи 1435 мм после соответствующей замены ходовых частей. Общий вид вагона модели 11-217 представлен на рисунке 1.

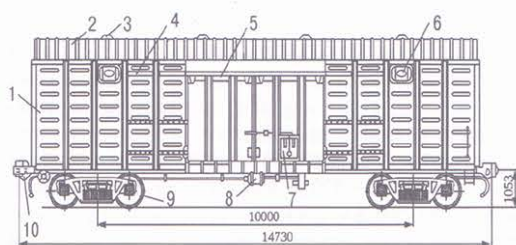


Рис. 1. Крытый вагон модели 11-217:

- 1 — боковая стена; 2 — крыша; 3 — загрузочные люки; 4 — рамный рельс; 5 — двустворчатые двери; 6 — вентиляционные люки; 7 — обезгруживающий люк; 8 — тормозное оборудование; 9 — тележка; 10 — автосцепное устройство

Кузов данного вагона состоит из двух боковых и двух торцевых стен, имеет металлическую наружную обшивку и деревянную внутреннюю облицовку, а также оборудован двустворчатыми дверьми с увеличенной шириной дверного проема 3825 мм, обеспечивающего более быстрый процесс погрузки и выгрузки с применением автопогрузчиков с осевыми нагрузками до 43 кН, для чего повышена прочность деревянного пола (покрыт металлическими листами толщиной 4 мм в зоне дверного проема).

Наружная обшивка стен 1 изготовлена из гофрированных листов. Внутренняя обшивка — деревянная, прикреплена к каркасу болтами и обрамлена в стыках уголком. Вагон загружают через двери 5 и люки 3 в крыше 2.

Крыша кузова (рис. 2) — цельносварная, с четырьмя загрузочными люками 1 диаметром 400 мм, в крайних люках имеются типовые печные разделки 3. К боковым и торцевым стенам кузова крыша крепится заклепками диаметром 10 мм и при ремонте может демонтироваться от кузова.

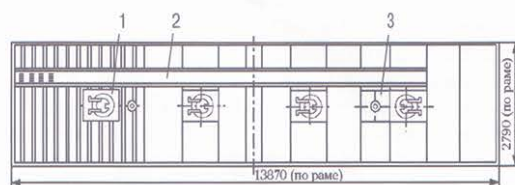


Рис. 2. Крыша крытого вагона (вид сверху):

- 1 — загрузочный люк; 2 — подмости; 3 — печная разделка

Печные разделки предусмотрены для установки труб печей отопления на случай перевозки людей. На крышу к загрузочным люкам и печным разделкам можно подняться по торцевой лестнице и подмосткам 2. Крыша имеет металлический каркас, обшитый снаружи гофрированным листом толщиной 1,5 мм, и две фрамуги, с помощью которых крыша крепится к торцевым стенам. Фрамуги выполнены из металлических листов толщиной 2 мм с выштамповками для жесткости и древесноволокнистой подшивки. Каркас крыши образован набором дуг и продольных элементов. Изнутри крыша подшита влагостойкой фанерой толщиной 4 мм в два слоя, которая плотно прилегает к листам кровли снизу либо крепится к деревянным брускам каркаса, образуя воздушную прослойку с металлической обшивкой.

Крышки люков 4 крыши (рис. 3) двумя петлями 5 крепят к листу 6 и в закрытом положении фиксируют специальными замками 1, открывающимися изнутри вагона. Крышки 2 печных разделок, установленных на крышках люков 4, удерживаются в закрытом положении винтами 3.

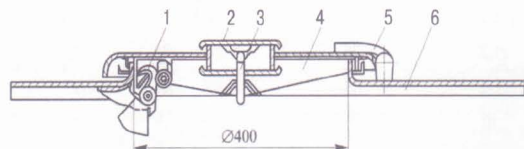


Рис. 3. Крышка люка крытого вагона:
1 — замки; 2 — крышки печных разделок;
3 — винты; 4 — крышки люков; 5 — петли;
6 — лист

Боковая стена (рис. 4) безраскосной конструкции имеет каркас и обшивку: металлическую наружную и деревянную внутреннюю.

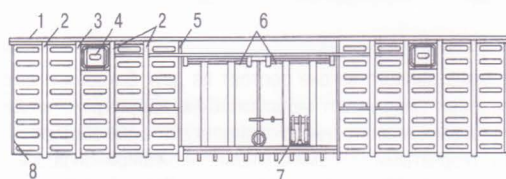


Рис. 4. Боковая стенка крытого вагона:
1 — верхняя обвязка; 2 — промежуточные стойки;
3 — шкворневые стойки; 4 — люки; 5 — дверные стойки;
6 — самоуплотняющиеся двери; 7 — обезжуживающий люк;
8 — угловые стойки

Наружная обшивка стен изготовлена из гофрированных листов толщиной 3 мм снизу и 2,5 мм сверху, а внутренняя — из влагостойкой фанеры марки ФСФ толщиной 10 мм. Для загрузки и выгрузки вагона в средней части стены расположены самоуплотняющиеся двери 6 и два люка 4, снабженные вентиляционными решетками. Каркас стены образуют угловые стойки 8, верхняя обвязка 1, две шкворневые стойки 3, шесть промежуточных стоек 2 и две дверные стойки 5. Крышки боковых люков с вентиляционной решеткой выполнены из штампованных стальных листов толщиной 2 мм и замков, обеспечивающих удержание крышек в закрытом положении. Замки открываются только изнутри вагона.

В каждом дверном проеме шириной 3825 мм установлены две створки двери 6, на одной из которых находится обезжуживающий люк 7 в нижней части. Механизм открывания этого люка заблокирован с механизмом открывания и закрывания створок дверей и исключает его случайное открытие. Герметизация и самоуплотнение створок дверей по стопкам обеспечиваются давлением сыпучего груза и резиновыми элементами, а в створе между собой — обвязкой левой двери специальной конфигурации, в паз которой заходит обвязка правой двери. Герметизация дверей снизу обеспечивается давлением груза и прижатием нижней обвязки к порогу дверного проема. Каждая из створок дверей состоит из каркаса, обшитого снаружи металлическими листами толщиной 1,4 мм, а изнутри — фанерой толщиной 8 мм. Створки двери перемещаются шариковыми подшипниками по прикрепленному над дверным проемом рельсу на роликах. Для защиты правой створки двери от повреждений при резком открывании на второй от дверного проема стойке кузова установлен амортизатор.

Торцевая стена (рис. 5) состоит из каркаса, наружной металлической и внутренней деревянной обшивок.

Каркас состоит из двух угловых 1 и двух промежуточных 2 стоек, связанных верхней обвязкой 4. Наружная металли-

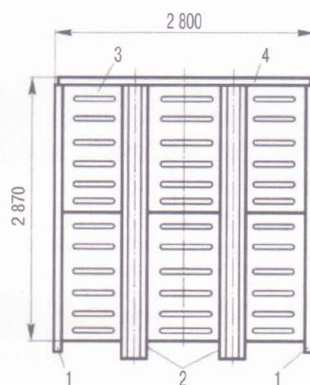


Рис. 5. Торцевая стена:
1 — угловые стойки; 2 — промежуточные стойки;
3 — наружная металлическая обшивка; 4 — верхняя обвязка

ческая обшивка 3 выполнена из гофрированных листов толщиной 3 мм снизу и 2,5 мм сверху, а внутренняя — из влагостойкой фанеры толщиной 10 мм. Нижней обвязкой стены служит концевая балка рамы [5].

В отличие от вагонов модели 11-217, на стенах кузовов модели 11-260 амортизаторы устанавливают не только с правой, но и с левой стороны дверного проема для смягчения ударов обеих створок дверей при их открывании. Дверные стойки стен сварены из Z- и Г-образных профилей, как и в предыдущей модели вагона.

Вместо внутренней обшивки на внутреннюю металлическую поверхность стен напылением наносится полимерный материал толщиной 5–6 мм. Стена соединяется с рамой посредством продольной боковой балки, а с крышей — через обвязку.

Рама отличается только количеством вспомогательных поперечных балок: их четыре, а не семь; торцевые стены имеют металлическую наружную обшивку и деревянную внутреннюю подшивку, деревянный пол с металлическими защитными листами в зоне дверного проема и сварную металлическую крышу.

Кузов вагона модели 11-066 менее совершенен, чем кузова вагонов моделей более поздних лет выпуска. Боковые стены его имеют каркас раскосно-стоечной конструкции и деревянную обшивку из досок толщиной 35 мм внизу и 22 мм вверх. Дверной проем имеет ширину 2000 мм, его крыша несъемная и приваривается к стенам кузова.

Применение деревянной обшивки стен приводит к относительно быстрому их повреждению и снижению надежности кузовов, а применение несъемной крыши — к снижению ремонтпригодности вагонов. Менее широкий дверной проем ухудшает использование автопогрузчиков при погрузке и выгрузке грузов и увеличивает простой вагонов под этими операциями. Ввиду этих недостатков вагоны заменены более надежными и экономичными моделями 11-217 и 11-260.

Для проверки возможности и эффективности широкого использования новых материалов в несущих элементах конструкции грузовых вагонов в 1964 году были построены опытные образцы крытых вагонов, кузова которых выполнены из алюминиевых сплавов. Грузоподъемность таких вагонов на тот момент была относительно большой и составляла 65 т, объем кузова — 130 м³, длина по осям сцепления автоцепов — 15,73 м, а масса тары — всего лишь 19,5 т. Ширина дверного проема кузова составляла 2500 мм. В качестве материала каркаса кузова, рамы, наружной обшивки стен и крыши опытного вагона использовался алюминиевый сплав марки АМг6.

Кузов опытного вагона — сварной конструкции, изготовленный из прессованных элементов, имеющих такую форму

речений, которая обеспечивает наибольшую жесткость и прочность при минимальной массе.

Испытания таких вагонов показали их достаточную эксплуатационную надежность и более высокую экономичность по сравнению с вагонами, выполненными из стали.

Однако вследствие дефицитности и относительно высокой стоимости алюминиевого сплава, а также сложности оснащения ремонтной базы установками для производства сварочных работ в защитной среде инертного газа (аргона) крытые вагоны из алюминиевых сплавов пока не строят.

Основные конструктивные схемы крытых вагонов приведены на рисунках 6 и 7.

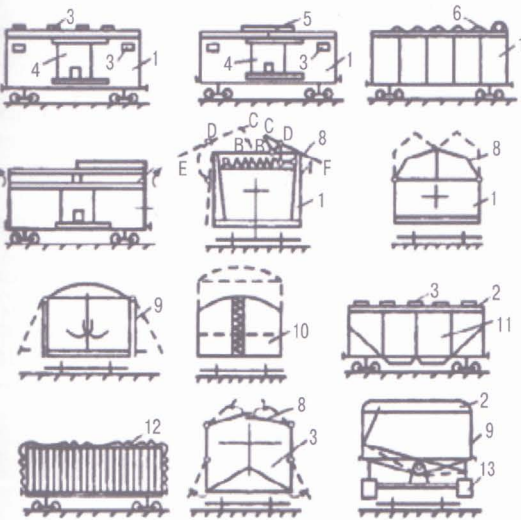


Рис. 6. Основные варианты схем крытых вагонов:
1 — кузов; 2 — крыша; 3 — люк; 4 — дверь; 5 — подвижная полукрыша;
6 — гибкая крыша; 7 — открывающиеся щели; 8 — открывающаяся часть крыши; 9 — боковая стенка; 10 — поднимающийся кузов;
11 — бункер; 12 — мягкая ткань; 13 — подъемное устройство

	Используется на отечественных и многих вагонах зарубежных стран
	На некоторых вагонах США
	На современных вагонах США

Рис. 7. Схемы установки настилов пола крытых вагонов:
1 — хребтовая балка; 2 — доска пола; 3 — крепление доски к раме вагона; 4 — боковая стена; 5 — боковая балка рамы; 6 — уплотняющий угольник; 7 — перфорированный армированный металлический лист; 8 — металлические секции пола

Примерами реализации оригинальных технических решений могут также послужить конструкции крытых вагонов моделей производства ПАО «Азовмаш», ПАО «Крюковский вагоностроительный завод» и др. [6–8]. Некоторые из них приведены на рисунках 8–11.

Так, например, крытый вагон модели 16-1807-04 производства ПАО «Азовмаш» (рис. 12) имеет дополнительную тепло-



Рис. 8. Четырехосный крытый вагон модели 11-1807-01 производства ОАО «МЗТМ»



Рис. 9. Четырехосный крытый вагон модели 11-1807-01 производства ПАО «Азовмаш»



Рис. 10. Четырехосный крытый вагон модели 11-7045 производства ПАО «КВСЗ»



Рис. 11. Четырехосный крытый вагон модели 11-7094 (11-7094-01) производства ПАО «КВСЗ»



Рис. 12. Вагон-термос модели 16-1807-04

ізоляцію, поэтому может использоваться для перевозки скоропортящихся и нескоропортящихся штучных грузов [9].

Таким образом, рассмотрены конструктивные особенности основных моделей крытых вагонов различных производителей стран СНГ. При этом возможно как традиционное использование вагонов для перевозки грузов с учетом защиты груза от атмосферного воздействия, так и вагоны-термосы с применением дополнительной теплоизоляции.

Основное внимание в разработках уделено дальнейшему совершенствованию конструкции крытых вагонов, которые смогут обеспечивать выполнение требований, предъявляемых к современному подвижному составу [4; 10]. **В П**

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Инновационные разработки в области грузового вагоностроения / С. В. Мямлин, В. Ф. Муханов, А. А. Тен, Л. А. Недужая // 36. науч. пр. — ДонИЗТ, 2010. — Вып. 22 — С. 76–82.
2. Перспективи розвитку залізничного транспорту України. Стратегія розвитку залізничного транспорту України на період до 2020 року [Електронний ресурс]. : Розпорядження КМУ від 16 грудня 2009 р. № 1555-р. — Режим доступу : <http://www.uz.gov.ua>
3. Мямлин С. В. Оптимизация подвижного состава железнодорожного транспорта / С. В. Мямлин, Д. Н. Барановский // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта : Междунар. науч.-практ. конф., 23–24 мая 2013 г. : тезисы. — Днепропетровск : ДНУЖТ, 2013. — С. 20–23.
4. Пастухов И. Ф. Конструкция вагонов: учебник для техникумов и колледжей ж/д транспорта / И. Ф. Пастухов, В. В. Лигунов. — М. : Транспорт, 2000.
5. Вагоны (теория, конструкция, расчет): учеб. пособ. для ВУЗов ж/д транспорта / под ред. Л. А. Шадура. — М. : Транспорт, 1980. — 440 с.
6. ОАО «Крюковский вагоностроительный завод», Продукция [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.kvsz.com>
7. ОАО «Алтайвагон», Крытые вагоны [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.altaivagon.ru>
8. ОАО «Азовмаш», Продукция [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www.azovmash.com>
9. Мямлин С. В. Особенности конструкции изотермического вагона-термоса / С. В. Мямлин, В. М. Бубнов, А. В. Узбек // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта : Междунар. науч.-практическая конф., 15–16 апреля 2010 г. : тезисы. — Днепропетровск : ДИИТ, 2010. — С. 66.
10. Лозбинец В. П. Актуальные направления исследований в области проектирования вагонов / В. П. Лозбинец, Ф. Ю. Лозбинец // Вестник БГТУ № 1 (33) 2012. — С. 41–48.

Получено 30.06.2015

Удосконалення конструкції критих вагонів

С. В. Мямлін¹, Н. Г. Мурашова², І. Ю. Кебал³, А. З. Каженов⁴

¹ Д. т. н., професор, проректор з наукової роботи Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ, 49010, Україна, тел. + 38 (056) 776-84-98

² Науковий співробітник ПКБ Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ, 49010, Україна, тел./факс +38 (056) 371-51-12, ел. пошта: pmur79@mail.ru

³ Аспірант кафедри «Вагони та вагонне господарство» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ, 49010, Україна, ел. пошта: spyhunter-08@mail.ru

⁴ Директор ТОВ «Конструкторське бюро транспортного машинобудування», вул. Потаніна, 9, кім. 205, м. Астана, Казахстан, тел./факс +7 (7172) 52-56-51

Мета. Важливим напрямком реалізації вимог до рухомого складу нового покоління є формування вантажного парку на основі моделей вагонів вітчизняного виробництва, які мають сучасний рівень техніко-економічних та експлуатаційних показників. Найбільш пристосованими для перевезення тарних вантажів і вантажів, які вимагають захисту від атмосферних чинників, є криті вагони. Тому необхідно створити парк перспективних моделей критих вагонів нового покоління для зменшення кількості критих вагонів із вичерпаним терміном служби. **Методика.** Дослідження конструктивних особливостей критих вагонів проводиться шляхом вивчення конструкторської документації на криті вагони різних виробників, а також за матеріалами наукових публікацій із даними розробників про отримані в ході теоретичних та експериментальних досліджень результати. **Результати.** Розглянуто конструктивні особливості основних моделей критих вагонів різних виробників країн СНД. При цьому визначено, що для транспортування вантажів, що потребують захисту від атмосферних чинників, можливе застосування не тільки критих вагонів, але й вагонів-термосів із застосуванням додаткової теплоізоляції. **Практична значущість.** Оскільки кузов вагона становить собою складну статично невизначену систему, забезпечити інтенсивну роботу всіх несучих елементів і, відповідно, отримати конструкцію мінімальної металоємності методами традиційного проектування складно. Вирішити це завдання можна на підставі теорії оптимального проектування конструкцій (ОПК). Основну увагу в розробках приділено подальшому вдосконаленню конструкції критих вагонів методом ОПК, які зможуть забезпечувати виконання вимог, що ставляться до сучасного інноваційного рухомого складу.

Ключові слова: парк вантажних вагонів, критий вагон, профіль, зовнішня обшивка, параметри конструкції, кришки люків.