

УДК 629.463.3

*В. Я. НЕГРЕЙ, доктор технических наук, К. А. БОЧКОВ, доктор технических наук, А. В. ПИГУНОВ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

## ЕВРОПЕЙСКИЕ МОДУЛЬНЫЕ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ СЪЕМНЫХ И СМЕННЫХ КУЗОВОВ

Описаны конструктивные особенности конструкций облегченных модульных платформ, разработанных в рамках европейских проектов для перевозки съемных или сменных кузовов. Выделены конструктивные особенности каждого из проектов. Приведены результаты предварительных прочностных расчетов рамы платформы с конструктивным построением, аналогичным проекту «TransANT».

**В** последние годы на рынке наблюдается увеличение количества моделей вагонов различных типов. В большинстве своем это специальные вагоны предназначенные для перевозки ограниченной номенклатуры грузов. Потребность в вагонах для перевозки того или иного груза неравномерна в течение года. Соответственно, в большей степени специальные вагоны в определенные месяцы могут простаивать или, наоборот, наблюдается их дефицит.

Обеспечение спроса на вагоны того или иного типа возможно путем установки необходимого типа кузова (съемного или сменного). Таким образом, можно говорить о модульном грузовом вагоне, в котором можно выделить два модуля: кузов (съемный или сменный) и платформу-носитель для его перевозки.

Применение съемных и сменных кузовов, аналогично использованию контейнеров. Однако размеры типовых контейнеров не позволяют полностью использовать габаритные возможности вагонов как по ширине, так и по высоте. Поэтому возникла идея использования съемных и сменных кузовов.

Данное направление в разработке конструкций вагонов и кузовов получило развитие в странах Евросоюза. Большое количество конструкций съемных, сменных кузовов и платформ для их перевозки разработала компания "Innofreight". Модельный ряд кузовов включает в себя кузов различной длины (от 11 до 40 футов), которые предназначены для перевозки широкой номенклатуры грузов: сыпучих, жидких, скатывающихся, штучных и т. д.

Наибольшей эффективности применение всего модельного ряда кузовов достигается совместно с платформами, специально разработанными для их перевозки. Они спроектированы таким образом, чтобы в сочетании с кузовами обеспечить максимальную эффективность перевозок и погрузочно-разгрузочных операций. Семейство платформ "InnoWaggon" в большинстве своем представлено сцепами из двух платформ с суммарной погрузочной длиной 60, 80 и 90 футов [1].

Рама платформ выполнены из сварных профилей. При этом концевые части унифицированы, а средние части имеют конструктивные различия, что позволяет на стадии изготовления выпускать платформы различной длины в зависимости от потребности. Особенности всех конструкций является отсутствие в средней части рамы хребтовой балки, что позволяет получить свободное пространство в середине рамы, ограниченное боковыми продольными балками 4 рамы (рисунок 1).

Оно позволяет разместить необходимые устройства для разгрузки сменных кузовов, предназначенных для перевозки жидких, а также сыпучих грузов.

Концевая часть платформ "InnoWaggon", представленная на рисунке 1, состоит из трех поперечных (концевой 1, шкворневой 2 и средней поперечной 3) и боковых продольных 4 балок. Боковые продольные балки рамы имеют переменное по высоте сечение с максимальной высотой в средней части вагона. На верхних горизонтальных листах боковых балок устанавливаются откидные контейнерные упоры 5 (по двенадцать штук с каждой стороны). Рядом со вторым и одиннадцатым упорами располагаются места 6 для установки и крепления на болтах ограничителей продольных перемещений съемных кузовов типов цистерна и хоппер. Места установки контейнерных упоров на боковых продольных балках усилены вертикальными ребрами 7.

Отрезки хребтовых балок 8 в консольных частях сверху частично перекрыты усиливающим листом и усилены вертикальными ребрами, а на участке между шкворневой и средней поперечной балкой 3 разделяются на два сварных профиля 9. Далее они переходят в раскосы 10 переменной высоты по длине для передачи продольных усилий на боковые балки.

Масса тары одного вагона сцепа длиной 30 футов составляет 14,1 т, а для вагонов длиной 40 и 45 футов – 14,5 и 14,95 т соответственно.

Компания «Wascosa» разработала систему применения съемных кузовов, которая получила название «Wascosa flex freight system». Она включает в себя облегченные платформы для установки съемных кузовов с погрузочной длиной 60, 54, 52, 48 и 45 футов. Масса тары перечисленных вагонов находится в диапазоне от 17,4 до 16,0 т, что достигается, в том числе, и наличием на боковых продольных балках рамы вырезов круглой формы, которые изменяют свой диаметр в зависимости от высоты поперечного сечения [3].

В рамках проекта «TransANT» [4] были спроектированы семейство платформ для перевозки съемных и сменных кузовов, а также четыре конструкции кузова, позволяющие их переуплотнить в зависимости от потребностей (для перевозки лесоматериалов, сыпучих грузов, типа полувагон). Платформы имеют облегченную конструкцию по сравнению с находящимися в эксплуатации. По данным разработчиков снижение массы тары достигает 20 %. Разработанные платформы имеют погрузочную длину 33, 40, 45, 48, 52, 60 и 70 футов. Они изготавливаются из унифицированных комплекту-

ющих. Рамы независимо от длины вагона собираются из трех модулей: двух концевых и среднего, который и

определяет окончательную длину рамы, необходимую для потребителя.

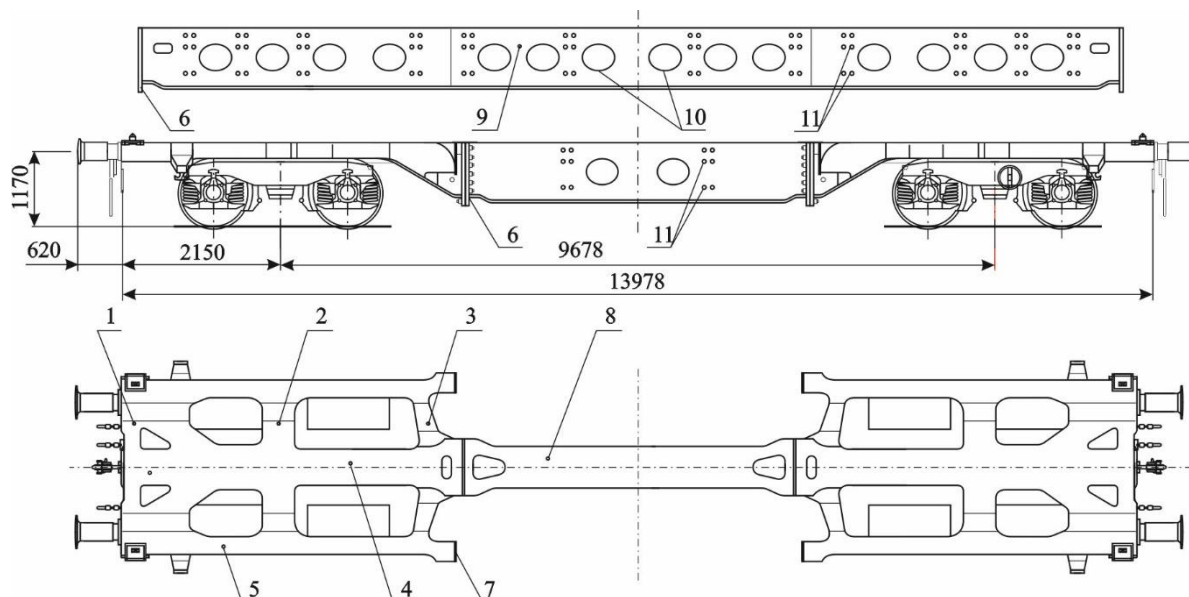


Рисунок 1 – Сцеп из двух платформ Inno Waggon 2×40 футов [2]

Концевые модули рамы состоят из концевой 1, шкворневой 2 и хребтовой 3 балок (рисунок 2). Шкворневая и концевая балки по краям соединены при помощи отрезков боковых продольных балок 4. Дополнительно передача продольных сил с отрезков боковых балок на хребтовую осуществляется через верхний горизонтальный лист, который после шкворневой балки сужается до ширины хребтовой балки. Снизу он подкреплен вертикальными листами 5 расположенными по диагонали. Хребтовая балка концевой части рамы имеет замкнутое коробчатое сечение, которое по мере отдаления от шкворневой балки увеличивает свои размеры как по ширине, так и по высоте. В ее нижнем горизонтальном и в вертикальных листах в зоне перехода на большую высоту с меньшей предусмотрены фигурные вырезы. Конструкция концевых частей для всех длин вагонов идентична за исключением 33-футового вагона.

Модули средней части рамы отличаются длиной и количеством поперечных балок рамы. Так, конструкции рам с длиной 40, 45 и 48 футов предусмотрено по одной поперечной балке, с длиной 52 фута – две, с длиной 60 футов – пять, 70 футов – три.

Хребтовая балка средней части – также замкнутого коробчатого сечения постоянной высоты и ширины на

всей длине. Вертикальные листы 6 имеют вырезы в виде четырехугольников и треугольников со скругленными углами, а также других сложных скругленных геометрических фигур. На нижнем листе 7 с краев предусмотрены каплевидные вырезы, а между ними – вырезы овальной формы.

Поперечные балки рамы сварные. Верхний горизонтальный лист 8 у хребтовой балки имеет форму трапеции с треугольным вырезом, переходящим в прямоугольную площадку, для установки откидных контейнерных упоров 9. Площадку снизу подкрепляет лист 10, расположенный под углом к горизонтальной плоскости таким образом, чтобы обеспечить связь с нижним горизонтальным листом хребтовой балки. Верхний и наклонный листы образуют треугольник, внутри по периметру которого приварены вертикальные усиливающие полосы 11 с треугольным вырезом.

Описанные выше конструкции имеют возможность изменять свои параметры и быть адаптированными для перевозки того или иного груза только за счет установки съемных или сменных кузовов. Конструкция платформ остается неизменной в течение всего срока эксплуатации.

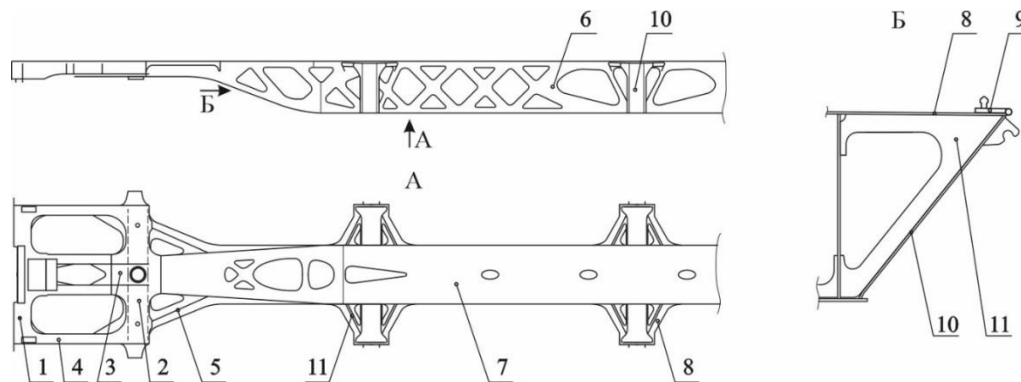


Рисунок 2 – Рама платформы с погрузочной длиной 70 футов («TransANT»)

DBCargo совместно с VTG реализовало проект вагона m2 (многофункциональный×модульный) [5]. Разработанная конструкция вагона позволяет не только на стадии изготовления устанавливать необходимые параметры, но и изменять их в короткие сроки за

период жизненного цикла. В основу концепции дополнительно заложена модульность металлоконструкции рамы. Она состоит из трех основных частей (модулей) – двух концевых унифицированных и средней (рисунк 3).

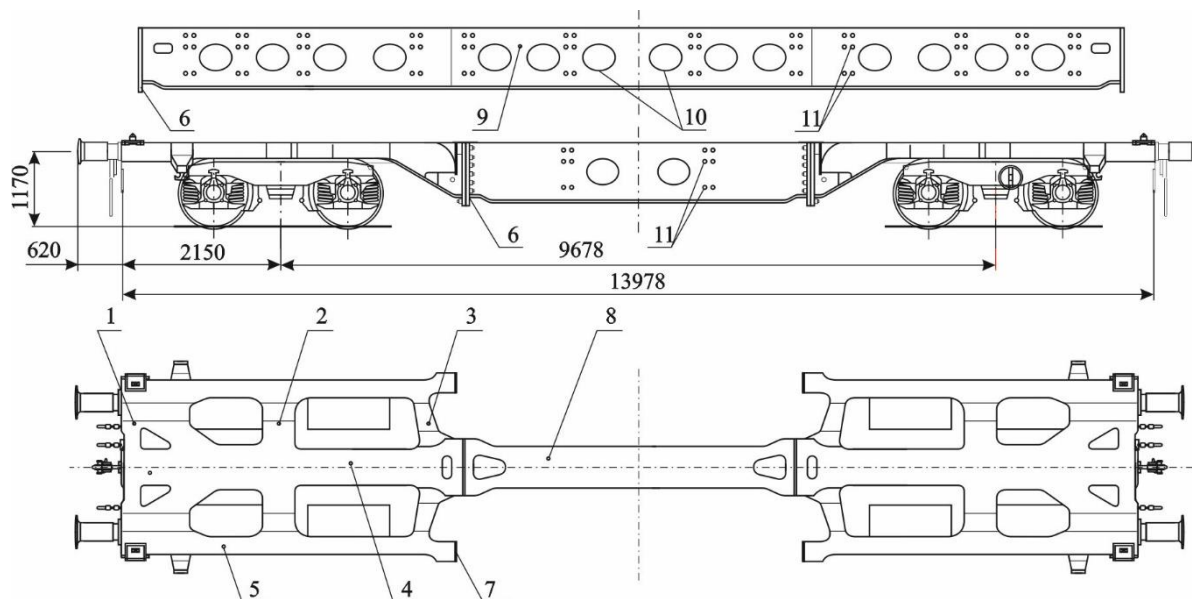


Рисунок 3 – Платформа проекта m2 [6]

Концевая часть состоит из концевой 1, шкворневой 2 и поперечной 3 балок. В средней части располагается отрезок хребтовой балки 4, а по бокам – боковые продольные балки 5. Соединение средней части рамы и концевых частей осуществляется при помощи разъемных соединений. Для этого на хребтовой и боковых балках предусмотрены вертикальные привалочные плиты 6 и 7 с отверстиями под установку болтов. На рисунке 3 показаны отрезки 8 и 9 средней части хребтовой балки, позволяющие изменять длину рамы вагона от 40 до 70 футов. Средняя часть хребтовой балки независимо от длины выполняется замкнутого коробчатого сечения с уширением крайних частей и с вырезами 10 в вертикальных и нижнем горизонтальных листах.

Разъемное соединение рамы позволяет изменять конструкцию вагона и адаптировать ее под перевозку необходимых грузов, за счет изменения длины вагона. Дополнительно средняя часть имеет возможность к трансформации посредством установки различной длины хребтовой и боковых балок и связывать их в единый модуль путем установки поперечных балок рамы. По-

перечные балки также крепятся к продольным балкам средней части при помощи болтов. Для этого на средней части хребтовой балки предусмотрены специальные отверстия 11.

На сегодняшний день для установки на платформу с погрузочной длиной 13958 мм разработаны съемные кузова длиной 20 футов с открытым верхом и со сдвижным тентом для перевозки рулонной стали. Для этого на раму устанавливаются боковые продольные балки, а между ними и хребтовой балкой крепятся по две поперечные балки и четыре откидных контейнерных упора. На платформу максимальной длины предусмотрена установка комплекта съемного оборудования для перевозки лесоматериалов, который включает в себя четырнадцать комплектов лесных стоек. Погрузочная длина вагона при этом составляет 22640 мм.

Компания Hörmann Vehicle Engineering разработала в рамках проекта «5L Next» конструкцию облегченной рамы платформы [7]. Она также собирается из трех частей: двух концевых и средней (рисунк 4).



Рисунок 4 – Рама платформы проекта «5L Next»: а – концевая сварная и средняя части; б – фрагмент средней части с поперечными балками рамы [6]

Концевые части сварной конструкции каждая из которых состоит из поперечных концевой 1 и шкворневой 2 балок. Отрезок хребтовой балки 3 длиной приблизительно 1/3 консольной части примыкает к концевой балке и затем разделяется на два раскоса 4, которые расходятся к боковым балкам 5 в места соединения их со шкворневой. Дополнительно данный узел усиливают раскосы 6, отходящие в противоположную сторону к местам соединения боковых и концевых балок.

Снижение массы тары достигнуто за счет особенностей конструкции средней части. Она выполнена без сквозной хребтовой балки. Боковые балки представляют собой ферму переменной высоты с максимальной высотой в средней части рамы, которая уменьшается к концевым частям. Силовые элементы фермы собраны из гнутых швеллеров 8 с отверстиями для облегчения конструкции, которые соединяются при помощи болтов и заклепок. Места соединения горизонтальных и наклонных элементов усилены фигурными накладками 9.

На боковых продольных балках рамы устанавливаются откидные контейнерные упоры 10, которые усиливаются пятью поперечными балками. Верхний пояс балки имеет горизонтальную поверхность 11, а для связи с нижним поясом боковой балки от их середины расходятся в обе стороны наклонные подкосы 12.

Для проверки возможности применения рассмотренных выше конструктивных решений на платформах колеи 1520 мм была разработана конечно-элементная модель рамы. Ее длина составляет 13400 мм. Хребтовая балка выполнена замкнутого коробчатого сечения с высотой и шириной в средней части 700 мм и с постепенным снижением высоты до 300 мм и ширины до 350 мм (рисунок 5). В средней части предусмотрена поперечная балка для установки контейнерных упоров, позволяющих перевозить два контейнера длиной 20 футов. Она также замкнутого коробчатого сечения переменной высоты по длине. Выбранные конструктивные формы хребтовой и поперечной балок аналогичны платформам проекта TransANT. Конструкцией также не предусмотрено наличие боковых продольных балок рамы на участке между шкворневыми. Расчет выполнялся на действие продольной сжимающей и растягивающей нагрузок величиной 2 МН и 2,5 МН с учетом собственного веса и вертикальной нагрузки от перевозимого груза, которая составила 72 т [8]. Материал – сталь 09Г2С с пределом текучести 345 МПа.

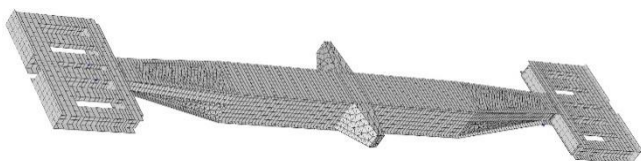


Рисунок 5 – Конечно-элементная модель рамы платформы

Выполненные расчеты показали, что расчетные напряжения превышают допускаемые в средней части

рамы, в частности в элементах хребтовой балки. При растяжении – в верхнем листе, а при сжатии – в нижнем листе в зоне примыкания к шкворневой балке. Уровень расчетных напряжений превышает допускаемые на 21 и 28 % соответственно. Таким образом, можно сделать вывод о том, что хребтовая балка с предлагаемым коробчатым сечением нуждается в усилении.

Выводы.

1 Применение съемных или сменных кузовов наиболее эффективно совместно со специально разработанными облегченными платформами для их перевозки. Это связано с тем, что в перевозочном процессе мы получаем две самостоятельные грузовые единицы: съемный или сменный кузов и платформу-носитель. Вследствие этого теряются преимущества, присущие несущим кузовам грузовых вагонов.

Кузов (съемный или сменный) при этом должен обладать необходимыми прочностными характеристиками, которые обеспечат безопасную перевозку грузов, подъем в порожнем или груженом состоянии, а также должен быть оснащен приспособлениями, которые необходимы для установки и съема (фитинги и пазы для вилочного погрузчика и т. д.). Дополнительные требования приводят к его усилению, что влечет повышение массы тары.

Поэтому приведенные конструкции платформ имеют сниженную массу, величина которой достигает 20 % в сравнении с вагонами эксплуатационного парка.

2 В рамках каждого из описанных проектов разработан модельный ряд платформ, который собирается из унифицированных модулей концевых частей рамы и средней части, конструкции которых позволяет оперативно изготавливать платформы необходимой заказчику длины в диапазоне от 33 до 70 футов.

Проект m2 позволяет изменять параметры платформы за короткий срок в течении жизненного цикла вагона в зависимости от потребностей рынка. Это достигнуто за счет разъёмного соединения концевых и средней частей рамы.

3 Конструкции платформ выполнены из сварных профилей без использования прокатных, что дает возможность изменять прочностные характеристики сечений балок, дополнительно варьируя толщиной вертикальных стоек и горизонтальных полок в зависимости от уровня расчетных напряжений. Для снижения массы тары наиболее металлоемкие балки снабжены вырезами различной формы. Также положительно на значении итоговой массы сказывается применение сталей повышенного класса прочности.

4 Описанные платформы могут использоваться как для перевозки съемных или сменных кузовов, так и для стандартных конструкций контейнеров различной длины.

#### Список литературы

- 1 Пигунов, А. В. Европейские разработки в области реализации концепции применения съёмных кузовов / А. В. Пигунов, В. В. Пигунов, П. А. Дашук // Механика. Исследования и инновации. – 2021. – № 14. – С. 183–189.
- 2 Produkte und Dienstleistungen [Электронный ресурс] : интернет-портал. Австрия – Вена. – Режим доступа :

<https://www.railcargo.com/en/dam/jcr:b5917d83-86e1-44e7-9441-78cbc4835fed/innowaggon-typenplan2.pdf>. – Дата доступа : 02.09.2021.

3 WASCOSA's flex freight system. Edition. Switzerland, 2012 [Электронный ресурс] : портал. Австрия – Люцерне. – Режим доступа : <https://www.wascosa.ch/en/wagon-fleets/intermodal-wagons>. – Дата доступа : 10.09.2021.

4 Superstructures industry-specific modular superstructures for optimized logistics solutions [Электронный ресурс] : портал. Австрия – Линц. – Режим доступа : <https://www.transant.com/en/The-TransANT/Superstructures/>. – Дата доступа : 12.09.2022.

5 DB Cargo and VTG unveil new modular wagon platform [Электронный ресурс] : интернет-портал. Австрия – Санкт-Ульрих-Штайр. – Режим доступа : <https://www.railjournal.com/>

[regions/europe/db-cargo-and-vtg-unveil-new-modular-wagon-platform/](https://www.railjournal.com/regions/europe/db-cargo-and-vtg-unveil-new-modular-wagon-platform/). – Дата доступа: 23.09.2022.

6 The freight wagons of the future: multifunctional and modular [Электронный ресурс] : портал. Германия – Берлин. – Режим доступа : <https://www.dbcargo.com/rail-de-en/services/innovations/m2-wagon/>. – Дата доступа : 25.09.2022.

7 5L next – nächste Generation Güterwagen [Электронный ресурс] : портал. Швейцария – Ольтен. – Режим доступа : <https://www.sbbcargo.com/de/unternehmen/inno-lieferanten.html/>. – Дата доступа : 10.10.2022.

8 ГОСТ 33211–2014. Вагоны грузовые. Требования к прочности и динамическим качествам. – Введ. 2016–07–01. – М. : Стандартинформ, 2016. – 54 с.

Получено 31.10.2022

**V. Ya. Negrey, K. A. Bochkov, A. V. Pihunou.** European modular platforms for the transportation of dependable and swap bodies.

The design features of the designs of lightweight modular railway platforms developed within the framework of European projects for the transportation of demountable or swap bodies are described. The design features of each of the projects are highlighted. The results of preliminary strength calculations of the railway platform frame with a structural construction similar to the "TransANT" project are presented.