

мощью новых информационных технологий позволяет усовершенствовать алгоритмы управления тормозной позицией в системе АРС и средств определения тормозной мощности ГВЗ.

Список литературы

- 1 **Фонарев, Н. М.** Устройства автоматики на сортировочных горках / Н. М. Фонарев. – М. : Транспорт, 1964. – 256 с.
- 2 **Модин, Н. К.** Исследование точности работы тормозной

Получено 11.10.2006

N. K. Modin, V. V. Volynets. Methods of research of time history of speed and intensity cut of cars braking at movement on hump retarding unit.

The analysis of experience of researches of time history of speed and intensity cut of cars braking at movement on hump retarding unit forcipate-weight type and a technique of researches of new generation hump retarding unit of forcipate-press type are given.

Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2007. № 1–2(14–15)

УДК 629.4

М. В. СУДАРЕВА, аспирант, В. В. КОБИЩАНОВ, доктор технических наук, Д. Я. АНТИПИН, кандидат технических наук, Брянский государственный технический университет

ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ ДЛИННОБАЗНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ КОНТРЕЙЛЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Разработанная конструкция платформы, имеющая пониженную массу тары, может осуществлять перевозку автопоездов европейского стандарта, туристических автобусов, другой колесной техники, а также штучных грузов размером 17×2,6×4 м без оформления негабаритности. Проведен анализ прочности и динамических показателей платформы, а также оценка ее экономической эффективности.

На сегодняшний день комбинированные автомобильно-железнодорожные перевозки являются одним из перспективных способов сухопутной транспортировки грузов. Контейлерная перевозка сочетает оперативность и маневренность автомобильного транспорта с надежностью и безопасностью железнодорожного. Основное отличие от привычных автоперевозок заключается в том, что автопоезд передвигается на далекое расстояние не по шоссе, а по железной дороге со скоростью пассажирского или товарного поезда. По прибытию в пункт назначения железнодорожного состава автопоезд своим ходом доставляет груз до заказчика, что обеспечивает принцип доставки “от двери до двери”. Данный вид перевозок позволяет совмещать маневренность автомобильного транспорта с преимуществами железнодорожного, такими, как низкая себестоимость перевозки, безопасность и экологичность.

В европейских странах первые международные перевозки автопоездов с грузом на специализированных железнодорожных платформах состоялись более 30 лет назад. На регулярной основе подобные перевозки осуществляются в Европе на протяжении уже более 20 лет. Во многих европейских странах контейлерные поезда уже стали частью логистических схем доставки грузов. Причем в ряде случаев контейлерная перевозка явля-

ется неотъемлемой частью маршрута из-за действующих ограничений экологического и иного характера, касающихся автомобильных перевозок.

3 **Мелещук, П. А.** Эксплуатация системы автоматического регулирования скорости роспуска в режиме двухпозиционного торможения / П. А. Мелещук, Н. К. Модин // Железнодорожный транспорт. – 1973. – № 12. – С. 26–29.

4 **Ваванов, Ю. В.** Радиолокационный измеритель скорости РЛС-ЦНИИ / Ю. В. Ваванов, Н. Х. Дагаева // Автоматика, телемеханика и связь. – 1971. – № 8. – С. 5–9.

5 **Шелухин, В. И.** Многофункциональный горочный датчик параметров движения / В. И. Шелухин, О. И. Шелухин // Автоматика, телемеханика и связь. – 1991. – № 4. – С. 10–4.

ется неотъемлемой частью маршрута из-за действующих ограничений экологического и иного характера, касающихся автомобильных перевозок.

В России на данный момент отсутствует подвижной состав, позволяющий осуществлять контейлерные перевозки. В связи с этим возникла необходимость создания платформы для перевозки автопоездов стандарта Евро-4 и крупнотоннажных контейнеров. Вследствие постоянно растущей потребности в увеличении объема перевозимых грузов предполагается увеличение грузоподъемности платформы для обеспечения транспортировки трех полностью загруженных двадцатифутовых контейнеров весом 72 т.

Это связано с необходимостью снижения массы вагона, что является одной из важнейших задач вагоностроительной промышленности. В традиционных конструкциях платформ для перевозки крупнотоннажных контейнеров обвязки выполняются из массивных балок, высота поперечного сечения которых достигает 1 м. Применение подобных балок приводит к значительному повышению массы тары вагона, что, в свою очередь, накладывает ограничения на массу перевозимых грузов в рамках фиксированной нормативами нагрузки на ось.

Спроектирована четырехосная платформа для перевозки автопоездов и крупнотоннажных контейнеров грузоподъемностью 72 т. Предложено

заменить массивные обвязки рамы платформы на ферменные конструкции, достоинством которых является относительно низкий вес при высокой жесткости. Был рассмотрен ряд вариантов структурных схем конструкций рам с различным расположением ферм. Основным недостатком конструкции с нижним расположением ферм является сложность обеспечения прочности, так как уровень напряжений завит от высоты фермы, которая ограничена условием вписывания платформы в габарит по нижнему очертанию. Прочность конструкции с двумя фермами обеспечивается при относительно небольших размерах поперечных сечений элементов ферм, но она одновременно трудоемка и сложна в исполнении, по сравнению с вариантом с одной фермой, что является существенным недостатком. После анализа предложенных вариантов было выяснено, что наиболее целесообразным является вариант с верхним расположением фермы. Прочность такой конструкции обеспечивается за счет возможности варьирования высоты фермы при увеличении размеров поперечных сечений. Принят вариант исполнения фермы переменной высоты для улучшения восприятия рамой вертикальной нагрузки. Выбор профилей элементов фермы осуществлялся методом перебора, при этом в качестве критерия принимался наименьший вес несущей системы платформы при обеспечении ее прочности. Оценка напряженно-деформированного состояния конструкций выполнялась с помощью пластинчато-стержневой схемы метода конечных элементов.

Особенностью предложенной конструкции платформы является понижение уровня пола в средней части вагона, необходимое для обеспечения вписывания вагона с установленным на нем

автопоездом в габарит подвижного состава $T_{пр}$ по ГОСТ 9238-83. Угол наклона понижающихся частей выбран исходя из возможности погрузки и выгрузки автопоездов и другой колесной техники своим ходом и обеспечения ее сквозного проезда вдоль железнодорожного состава. При перевозке автопоезда передние колеса тягача опираются на наклонный участок рамы. Длина плоской пониженной части пола выбрана исходя из того, что при установленном на платформе автопоезде максимально возможной длины концевая часть полуприцепа нависает над наклонной частью пола в пределах минимального расстояния от самой нижней точки кузова полуприцепа до плоскости пола. В средней части платформы отсутствует хребтовая балка, и основными несущими элементами, воспринимающими продольные нагрузки, являются боковые обвязки рамы. Лист пола на длине базы вагона подкреплен продольными и поперечными балками. Платформа оборудована откидными фитингами, которые в нерабочем положении не препятствуют сквозному проезду колесной техники, а также обеспечивают возможность перевозки крупнотоннажных контейнеров в различных сочетаниях.

Конечноэлементное моделирование рамы выполнялось на основе геометрической модели путем ее автоматического разбиения. Модель рамы платформы выполнена в виде пластинчато-стержневой схемы, в которой все балки конструкции моделируются стержневыми элементами с постоянными по длине размерами сечений, лист пола – пластинчатыми элементами толщиной (см. рисунок 1). Схема состоит из 2567 элементов, соединенных в 2088 узлах, и имеет около 12530 степеней свободы.

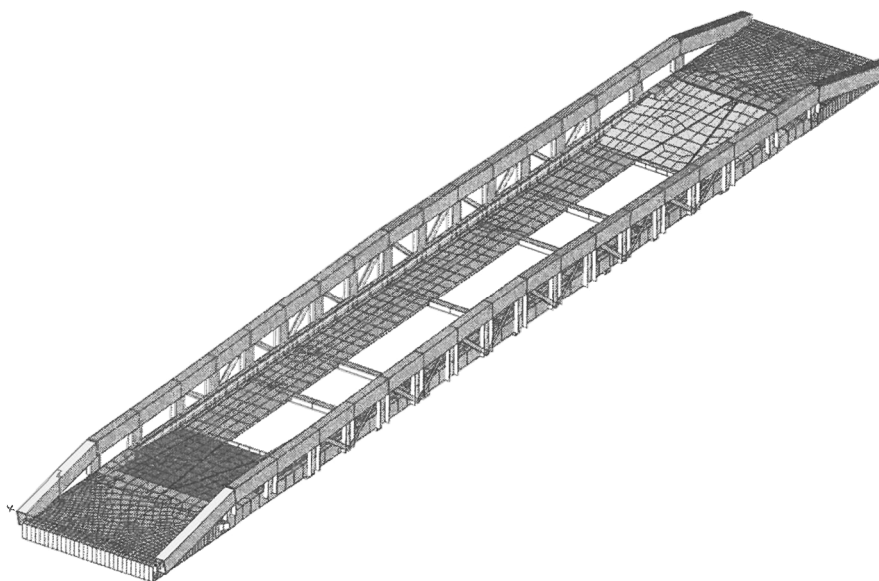


Рисунок 1 – Конечноэлементная модель платформы

Оценка прочности производилась по двум расчетным режимам, рекомендованным “Нормами...” [1]. В качестве вертикальной нагрузки, действующей от перевозимого груза, рассматривались три варианта загрузки: автопоезд полной массой 44 т, два сорокафутовых контейнера (62 т) и три двадцатифутовых контейнера (72 т). Силы, действующие от контейнеров, приложены к раме в местах их опирания на фитинги. Для определения сил, действующих от автопоезда на раму платформы, произведен расчет распределения его полной массы по осям. Точки приложения сил располагаются ориентировочно в местах опирания шин на лист пола. Результаты расчетов показали, что прочность конструкции обеспечена при каждом из вариантов загрузки.

В рамках исследований оценивались динамические показатели платформы на основе матема-

тического моделирования движения вагона по реальным неровностям пути с использованием программы моделирования динамики систем тел «Универсальный механизм» [2]. С помощью модуля ввода данных UM Input на базе исходных данных о геометрических, инерционных и силовых характеристиках элементов конструкции вагона производится формирование его расчетной схемы. На основании созданной динамической модели программный комплекс производит автоматическую генерацию уравнений движения вагона. Моделирование движения вагона проводится с использованием модуля UM Simul, осуществляющего интегрирование полученных уравнений движения. Динамическая модель платформы состоит из кузова вагона, соединенного с двумя моделями тележек (рисунок 2). Динамическая модель тележки используется как готовая подсистема.

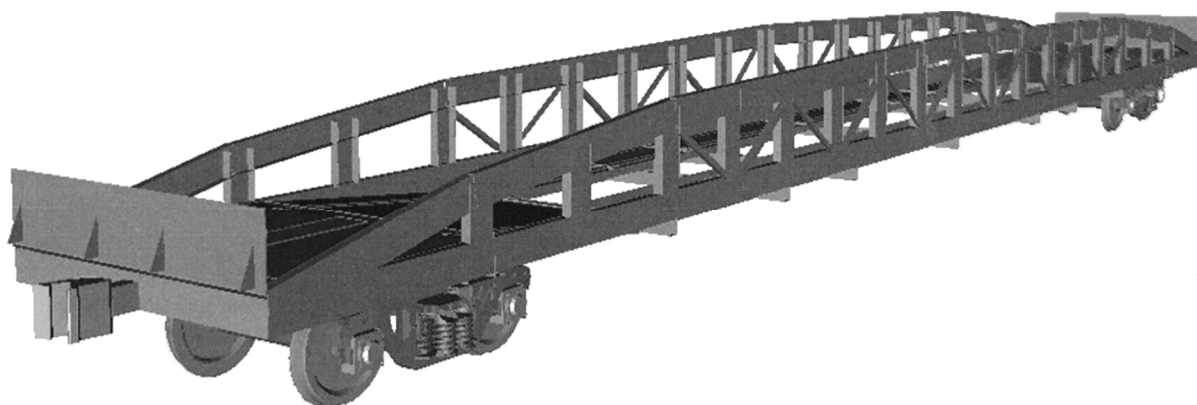


Рисунок 2 – Динамическая модель платформы

В расчетной схеме кузов платформы представляется в виде абсолютно твердого тела, обладающего шестью степенями свободы с реальными инерционными и геометрическими характеристиками. Модель автопоезда состоит из абсолютно твердых тел, моделирующих соответственно тягач и полуприцеп, связанных между собой шарниром с одной вращательной степенью свободы, моделирующей седельное устройство. Особенностью расчетной схемы является учет жесткостей пневматических шин и подвешивания автопоезда, которые моделируются упругими и диссипативными элементами.

При моделировании для колес тележки принимается исходный стандартный конический профиль неизношенного колеса по ГОСТ 9036-88. Профиль рельса принимается в соответствии с профилем нового (неизношенного) рельса типа Р65 (исполнение I) по ГОСТ 11018-87.

Упруго-диссипативные характеристики верхнего строения пути принимаются для рельсов типа

Р65, уложенных на деревянные шпалы и щебеночный балласт, для летнего периода при хорошем состоянии пути. Макрогеометрия кривых участков пути в плане определяется исходя из скорости прохождения кривой (таблица 1).

Таблица 1 – Зависимость макрогеометрии кривых участков пути в плане от скорости прохождения кривой

| Параметр | Радиус кривой, м | | |
|---|------------------|-----|------|
| | 300 | 500 | 700 |
| 1 Длина прямого участка, м | 20 | 20 | 20 |
| 2 Длина переходной кривой, м | 120 | 130 | 150 |
| 3 Длина основной кривой, м | 500 | 600 | 700 |
| 4 Возвышение наружной рельсовой нити над внутренней, мм | 150 | 150 | 150 |
| 5 Длина выхода из кривой, м | 120 | 130 | 150 |
| 6 Общая длина расчетной кривой, м | 740 | 860 | 1000 |
| 7 Скорость прохождения кривой, с | 80 | 100 | 120 |

При моделировании рассматривалось движение вагона по прямому участку пути со скоростью 120 км/ч, в кривом участке пути радиусом 500 м со скоростью 80 км/ч и прохождении стрелочного перевода 1/11 со скоростью 30 км/ч.

На основе проведенных исследований были получены реализации процесса изменения вертикальных и горизонтальных ускорений кузова, сил отжатия рельса в поперечном направлении и мощности сил трения на гребне и по кругу катания колеса. Сопоставление полученных результатов первых трех динамических показателей с допускаемыми нормативными величинами свидетельствует, что динамические качества проектируемой платформы могут быть оценены как “хорошие”.

На рисунке 3 для примера показаны графики изменения мощности сил трения по гребню колеса на прямом и кривом участках пути и на стрелочном переводе.

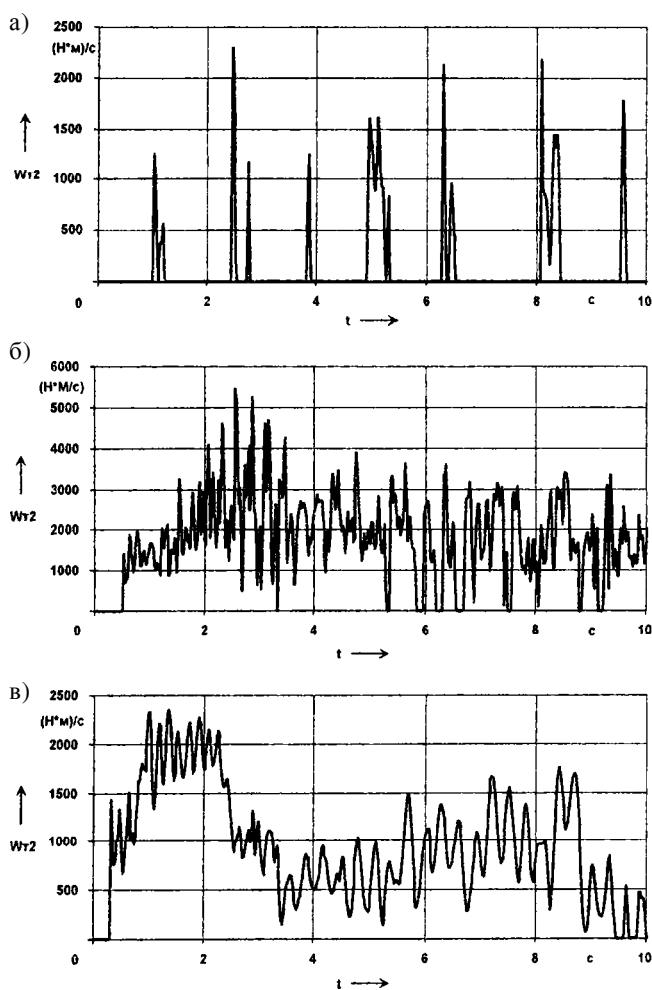


Рисунок 3 – Мощности сил трения по гребню колеса:

а – на прямом участке пути, $v = 120$ км/ч;

б – в кривой $R = 500$ м, $v = 80$ км/ч;

в – противощерстное прохождение стрелочного перевода 1/11, $v = 30$ км/ч

Этот параметр определяет износ гребней колес и рельсов. Интересно отметить, что на прямом участке пути прослеживается разрывность графика мощности сил трения из-за периодичности ка-

Получено 04.09.2006

M. V. Sudareva, V. V. Kobishanov, D. Y. Antipin. Justification of structure and parameters of the long-base platform for intermodal link.

The designed construction of the platform having the lowered mass of container, can realize transportation of lorry convoys of the European standard, tourist buses, other wheel technics, and also piece weights in the size 17×2,6×4 meters without registration of bulkiness. The analysis of durability and dynamic indexes of a platform, and also an estimation of its economic efficiency is lead.

сания гребня колеса с головкой рельса при вилении колесной пары. В кривом участке пути этот процесс на рассматриваемой временной реализации 10 с является непрерывным. При движении по стрелочному переводу наибольшие значения мощности сил трения характерны для первоначального момента взаимодействия колеса с остряком.

Для подтверждения целесообразности проектирования платформы выполнен расчет показателей сравнительной и абсолютной экономической эффективности. Экономическая эффективность контрейлерной перевозки определена на участке движения Брест – Москва [4]. Сравнение осуществлялось с традиционной автомобильной перевозкой. Учитывая различный объем работ перевозчика по сравниваемым вариантам, для расчета использовался показатель удельных затрат на единицу транспортной работы – 1 т·км. Для автоперевозчика затраты определялись нормативным методом, для контрейлерной перевозки – методом расходных ставок [5]. Расчеты показали, что себестоимость одного тонно-километра для контрейлерной перевозки составляет около 50 % от удельных затрат автоперевозчика на том же транспортном плече. Абсолютная экономическая эффективность проекта подтверждена экономическим эффектом, рассчитанным на годовой объем перевозок железнодорожного транспорта по приведенным затратам.

Разработанная конструкция платформы позволяет осуществлять перевозку автопоездов европейского стандарта, туристических автобусов, другой колесной техники, а также штучных грузов размером 17×2,6×4 м без оформления негабаритности; она имеет пониженную массу тары при повышенной грузоподъемности.

Список литературы

- 1 Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм. (несамоходных). – М. : ВНИИВ–ВНИИЖТ, 1983. – 260 с.
- 2 Универсальный механизм. Руководство пользователя. – СПб. : Питер, 2002. – 216 с.
- 3 Косов, В. С. Снижение силового взаимодействия подвижного состава и пути: моделирование, эксперименты, технические решения и технологии / В. С. Косов [и др.] // Visnic of the east Ukrainian national university named in memory of Vladimir Dal. – Lugansk, 2005. – № 8. – С. 48–53.
- 4 Справочник кратчайших расстояний от основных грузообразующих пунктов до пунктов перехода границы. – М. : АСМАП, 1994.
- 5 Домнина, С. В. Особенности определения затрат при выполнении международных перевозок автомобильным транспортом (методические рекомендации) / С. В. Домнина. – М. : АСМАП, 1998. – 96 с.