



ЦЕНТР
ТРАНСПОРТНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ

**VI международный научно-технический семинар
«Компьютерное моделирование в железнодорожном
транспорте: динамика, прочность, износ»**

**АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ
ВАГОНА-ПЛАТФОРМЫ С УВЕЛИЧЕННОЙ БАЗОЙ**

**ANALYSIS OF DYNAMIC BEHAVIOR OF A FLAT CAR
WITH AN INCREASED WHEEL BASE**

Гусев Артем Владимирович
Ведущий научный сотрудник, канд. техн. наук
ООО «ВНИЦТТ», г. Санкт-Петербург

Gusev Artem
Leading research scientist, Ph.D. of Engineering Sciences
All-Union Research and Development Centre for
Transportation Technology, St. Petersburg

September 09-13, Bryansk

Содержание

01

Основные характеристики
длиннобазных платформ

02

Компьютерная модель платформы

03

Определение собственных форм
колебаний рамы и груза

04

Проверка отсутствия резонанса

05

Анализ динамического поведения
груженой платформы

В эксплуатации находятся различные модели длиннобазных вагонов-платформ для перевозки контейнеров разного типа по ГОСТ Р 53350, а также труб и длинномерного металлопроката.



Платформа модели 13-1281
производства АО «Рүзхиммаш» (RM Rail)

- База вагона: 18 000 – 21 000 мм
- Масса тары: 22 000 – 37 000 кг
- Конструкционная скорость: 120 км/ч
- Наличие дополнительных элементов для крепления груза (торцевые стены, боковые стойки)



Платформа модели 13-4108 производства
ЧАО «Днепровагонмаш»

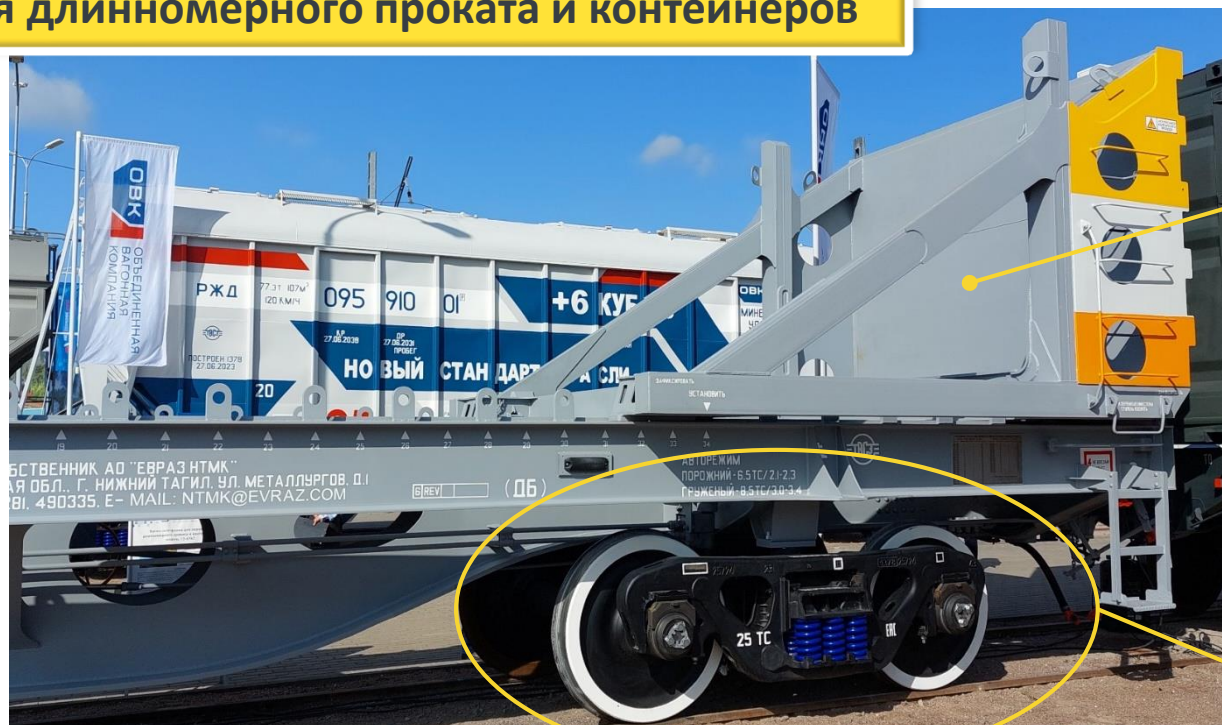


Платформа модели 13-6747 (АО «ТВСЗ»)
(Международный железнодорожный салон техники и технологий «PRO//Движение.Экспо», 2023 г.)

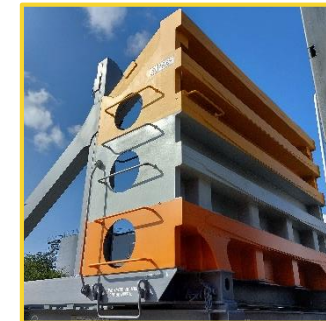
Цель исследования

Оценка влияния собственных форм колебаний рамы платформы и груза (в случае перевозки металлопроката) на показатели динамических качеств длиннобазных вагонов-платформ.

Вагон-платформа модели 13-6747 для длинномерного проката и контейнеров



Передвижные торцевые стены для крепления груза

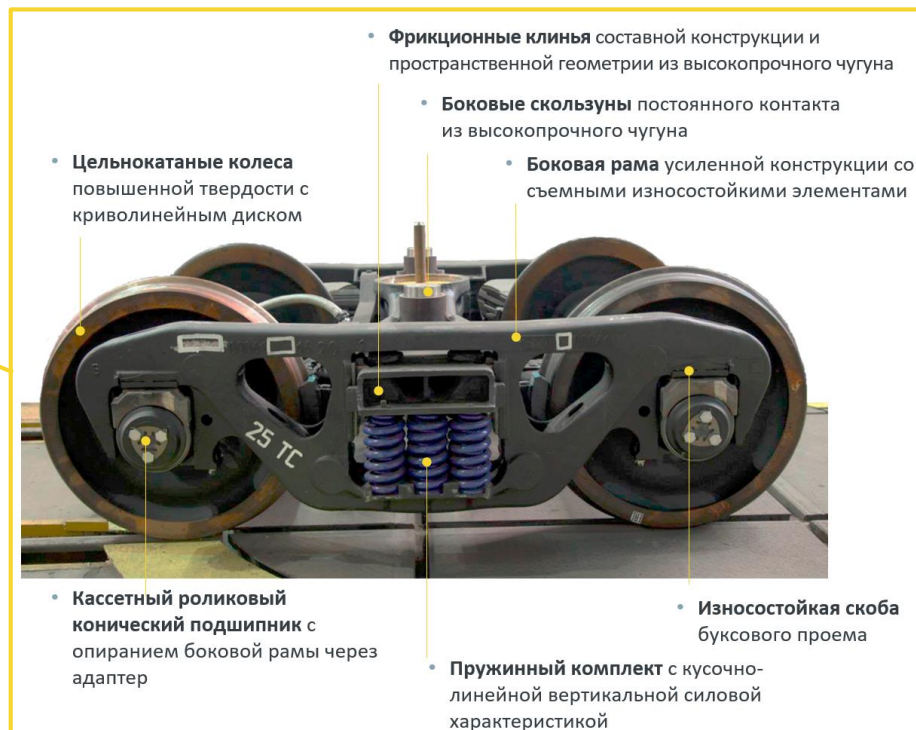


ПЕРЕВОЗКА

проката длиной
от 8 до 25 м

контейнеров 20 и 40 футов массой брутто
до 30,48 т каждый

альтернатива технологии использования съемного оборудования
на железнодорожном транспорте



Тележка 18-9855 с осевой нагрузкой 25 тс

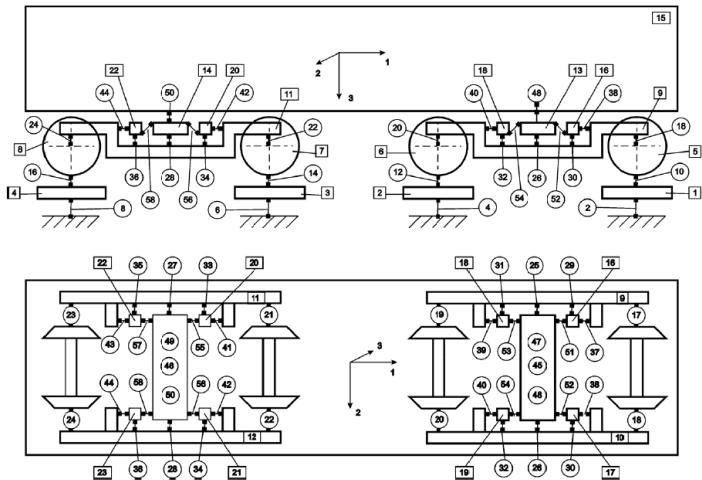
Параметры длиннобазного вагона-платформы

Параметр	Значение
База вагона, м	20,20
Тара вагона, т	36,50
Грузоподъемность, т	63,00
Масса кузова порожнего вагона, т	20,30
Масса конструкции торцевой стены, т	2,88

В работе рассмотрено несколько случаев динамического поведения экипажа:

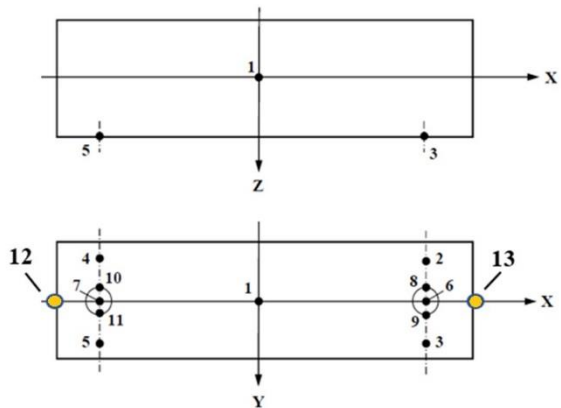
- Создание твердотельной модели экипажа
 - Платформа в порожнем состоянии с торцевыми стенами (в виде отдельных тел с массово-инерционными характеристиками)
 - Платформа в груженом состоянии (загрузка металлопрокатом)
- Моделирование движения порожней платформы с учетом изгибной формы собственных колебаний рамы
- Моделирование движения платформы с учетом изгибной формы собственных колебаний рамы платформы и металлопроката

Компьютерное моделирование проводилось в программном комплексе «MEDYNA».



□ - Номера тел ○ - Номера элементов связей

Расчетная схема грузового вагона

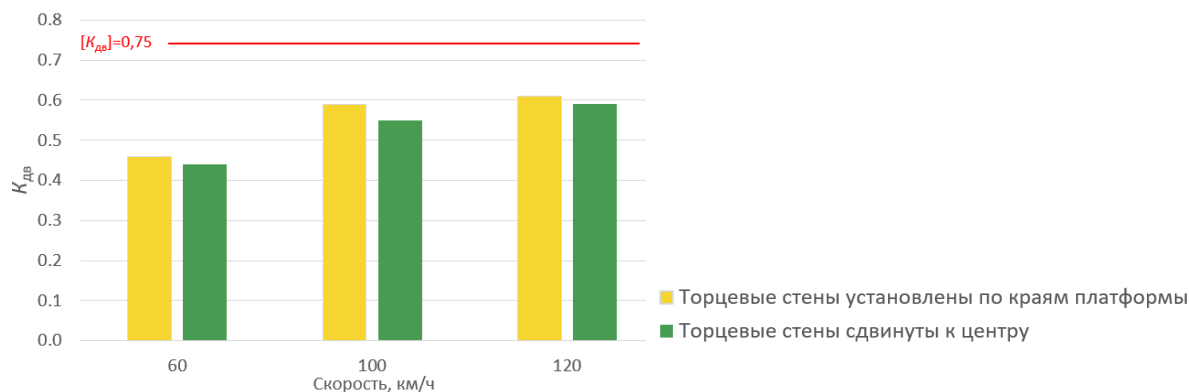
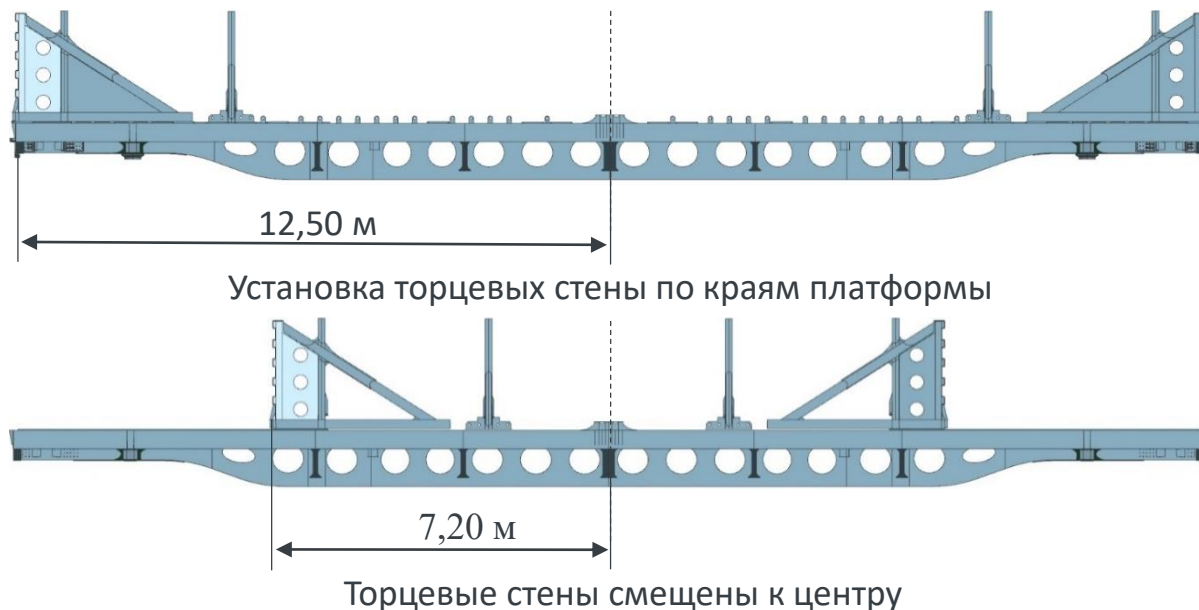


Расположение узлов на кузове вагона

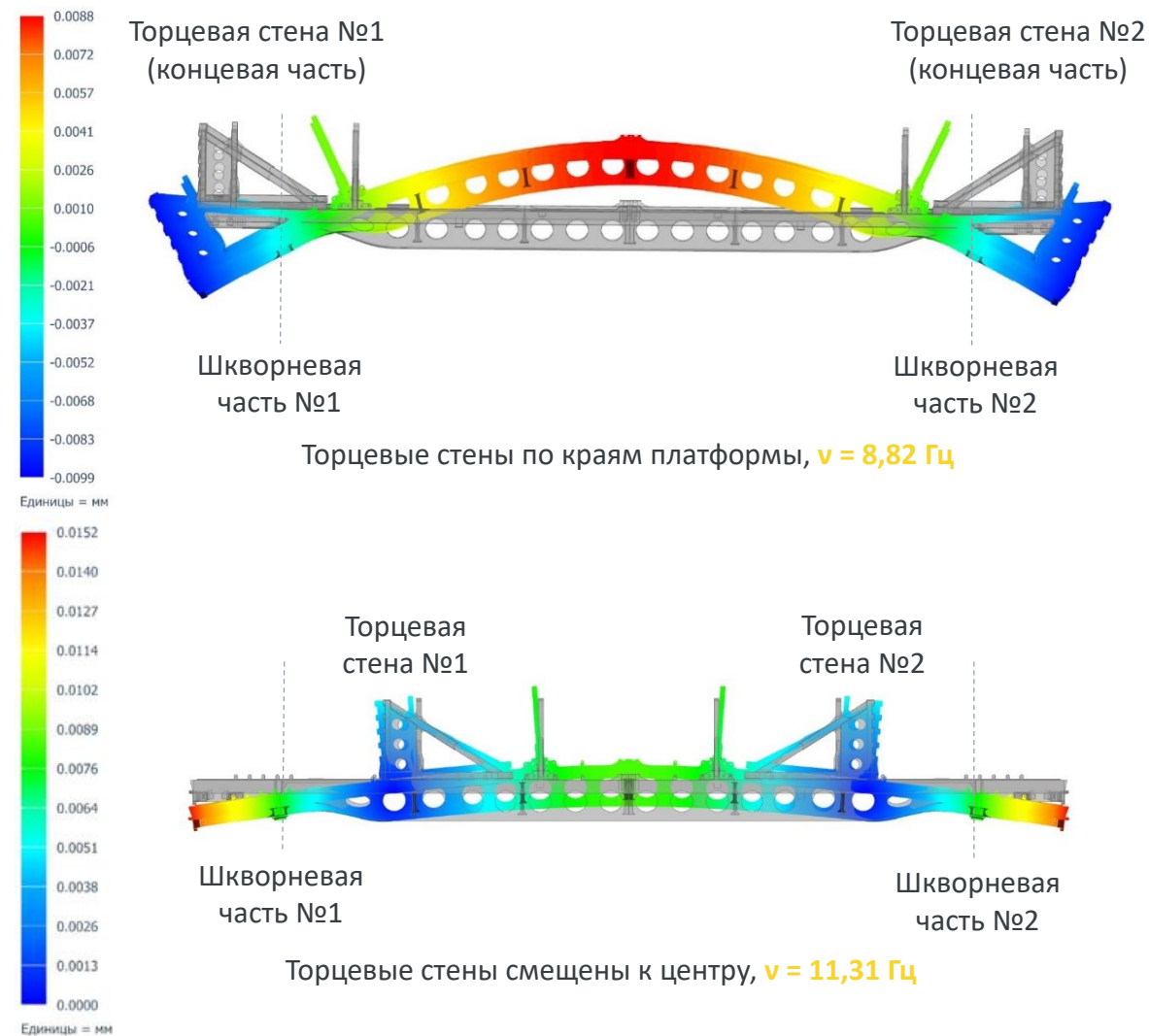
(№12 и №13 – узлы на кузове вагона для крепления торцевых стен)

Определение собственных форм колебаний рамы платформы

На первом этапе были созданы модели порожней платформы с двумя вариантами размещения торцевых стен на раме



Распределение значений K_{dv} для порожней платформы (твёрдотельная модель) на прямом участке пути



Графическое изображение первой формы собственных колебаний рамы платформы и соответствующая ей частота

Техническая особенность платформы модели 13-6747

увеличенная масса тары (36,5 т)

Характерная частота колебаний кузова на
рессорном подвешивании тележки 18-9855

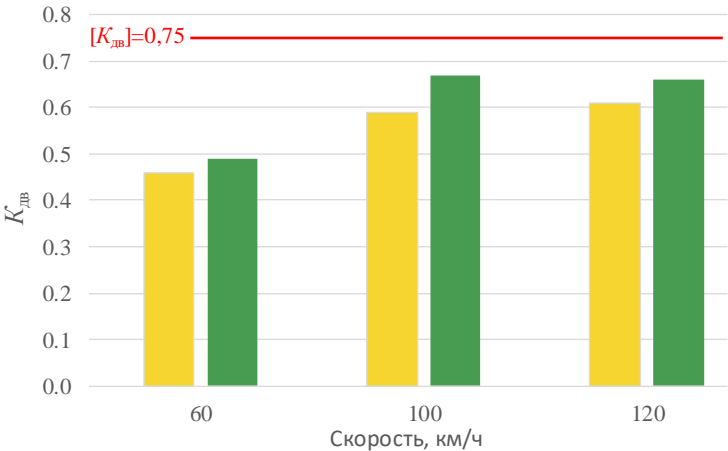
$$f_{\text{ресс}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{f_{\text{ст}}}}, f_{\text{ресс}} = 4,1 \text{ Гц}$$

Собственная частота колебаний рамы платформы в
зависимости от расположения торцевых стен
 $\nu = 8,82 - 11,31 \text{ Гц}$

Характеристики изгибной формы собственных колебаний рамы платформы для
моделирования в ПК «Medyna»

Модель	Приведенная масса, М, кг	Собственная частота, ν , Гц	Приведенная жесткость, кг/с^2 , $C = (\nu \cdot 2\pi)^2 \cdot M$
Рама платформы	26 084	8,82	80 062 212

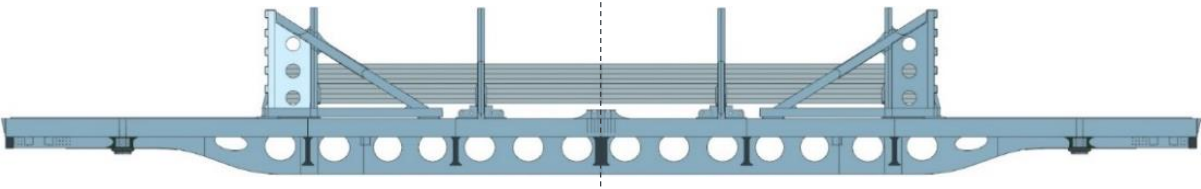
Учет собственной формы колебаний рамы платформы приводит к
увеличению $K_{\text{дв}}$ до 14%.



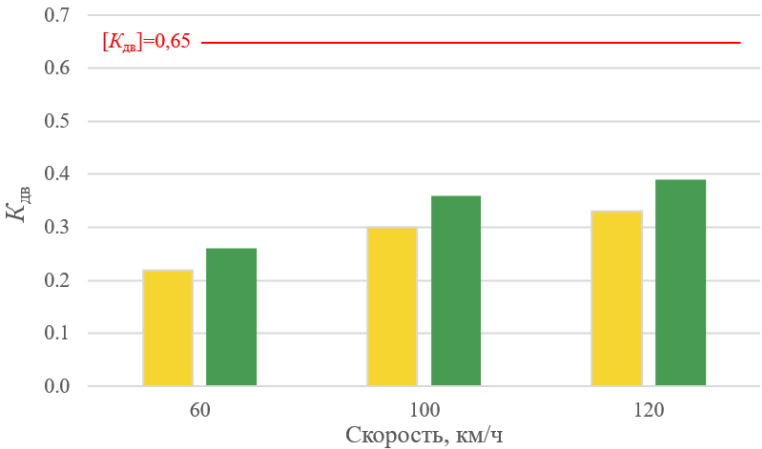
- Твердотельная модель вагона
- Модель вагона с учетом изгибной формы собственных колебаний рамы

Распределение значений $K_{\text{дв}}$ для порожней
платформы (торцевые стены установлены по краям)
на прямом участке пути

На втором этапе был рассмотрен вариант загрузки платформы металлопрокатом длиной 13 м в центре вагона.

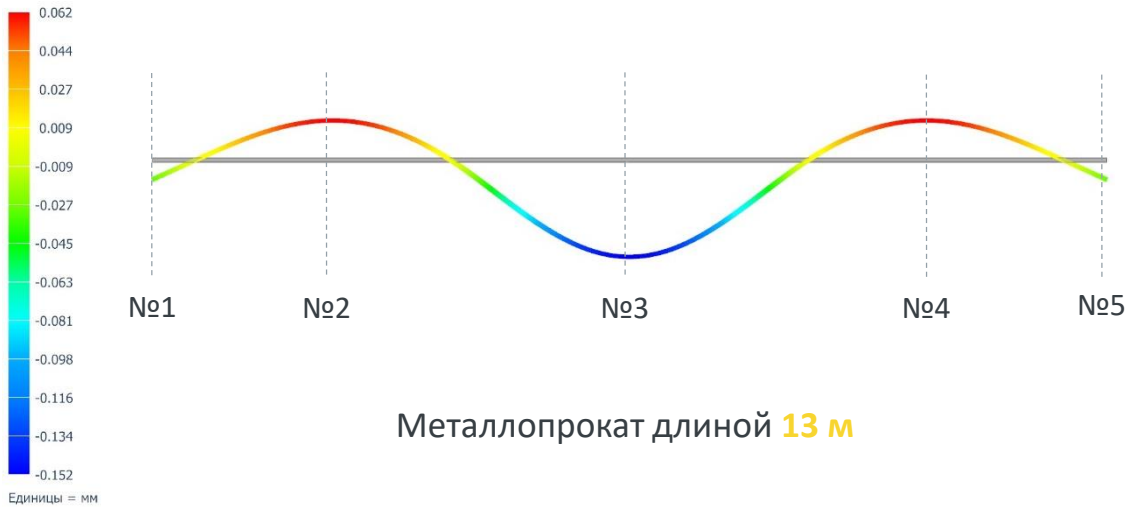


Загрузка вагона металлопрокатом длиной 13 м



■ Твердотельная модель вагона
■ Модель вагона с учетом изгибной формы собственных колебаний рамы и металлопроката

Распределение значений $K_{дв}$ для платформы, загруженной металлопрокатом длиной 13 м на прямом участке пути



Металлопрокат длиной 13 м

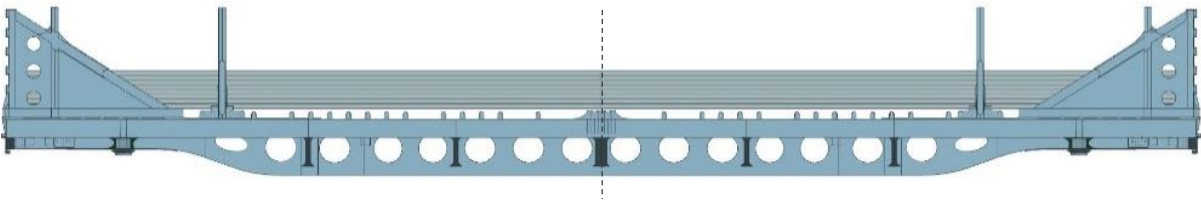
Графическое изображение первой формы собственных колебаний металлопроката

Характеристики изгибной формы собственных колебаний рамы платформы и металлопроката для моделирования в ПК «Medyna»

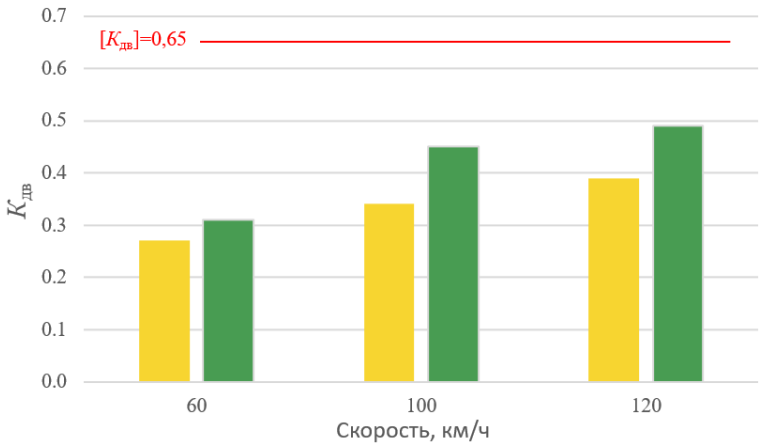
Модель	Приведенная масса, М, кг	Собственная частота, ν, Гц	Приведенная жесткость, кг/с², С = (ν · 2π)² · М
Металлопрокат	63 000	8,56	182 227 180
Рама платформы	26 084	11,31	131 681 822

Учет собственной формы колебаний рамы платформы и металлопроката приводит к увеличению $K_{дв}$ до 20%.

На третьем этапе был рассмотрен вариант загрузки платформы металлопрокатом длиной 25 м.

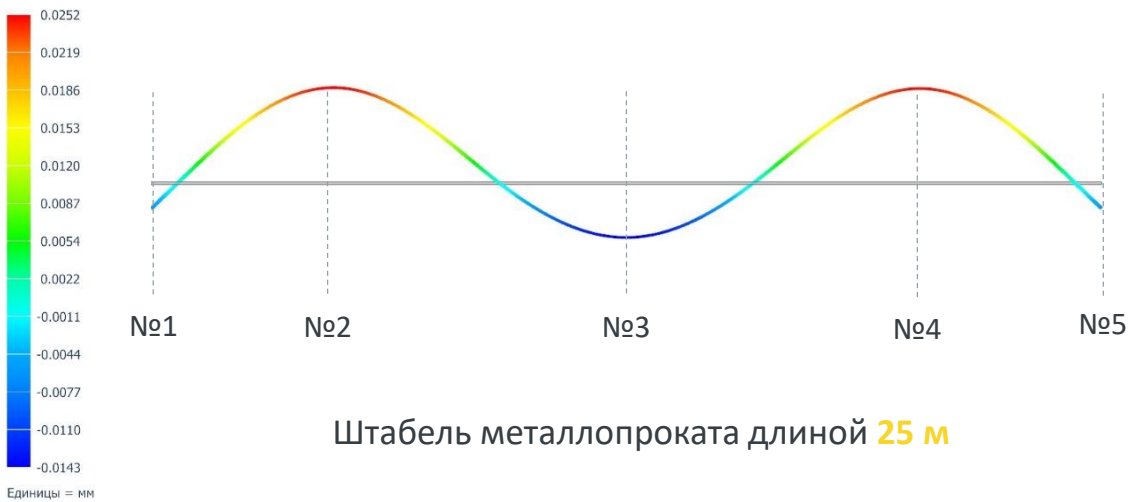


Загрузка вагона металлопрокатом длиной 25 м



- Твердотельная модель вагона
- Модель вагона с учетом изгибной формы собственных колебаний рамы и металлопроката

Распределение значений K_{dv} для платформы, загруженной металлопрокатом длиной 25 м на прямом участке пути



Штабель металлопроката длиной 25 м

Графическое изображение первой формы собственных колебаний металлопроката

Характеристики изгибной формы собственных колебаний рамы платформы и металлопроката для моделирования в ПК «Medyna»

Модель	Приведенная масса, М, кг	Собственная частота, ν, Гц	Приведенная жесткость, кг/с², С = (ν · 2π)² · М
Металлопрокат	63 000	2,62	17 094 500
Рама платформы	26 084	8,82	80 062 212

Учет собственной формы колебаний рамы платформы и металлопроката приводит к увеличению K_{dv} до 32%.

Длиннобазная платформа – функциональность и эффективность перевозочного процесса

Применение методов компьютерного моделирования

- Учет изгибной формы собственных колебаний рамы платформы в порожнем состоянии с установленными торцевыми стенами по краям платформы приводит к увеличению максимальных значений $K_{дв}$ до 14%.
- Учет изгибной формы собственных колебаний рамы платформы при перевозке штабеля металлопроката длиной 25 м способствует увеличению максимальных значений $K_{дв}$ до 32%.



Рекомендации по результатам исследования

- На этапе проектирования длиннобазных платформ рекомендовано оценивать показатели ДК экипажа методом компьютерного моделирования с учетом изгибной формы собственных колебаний рамы и груза (в случае перевозки длинномерного металлопроката малой жесткости).



ЦЕНТР
ТРАНСПОРТНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

ООО «ВНИЦТТ», г. Санкт-Петербург,
Петроградская набережная, д. 22, литер А
+7 (812) 655-59-10
info@tt-center.ru

