



ПОКАЗАТЕЛЬ ПЕРВОЙ СОБСТВЕННОЙ ЧАСТОТЫ ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЙ КУЗОВА В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

Заместитель генерального директора АО НО «Тверской институт вагоностроения» – технический директор

Скачков Александр Николаевич

ЗНАЧЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ СОБСТВЕННЫХ ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЙ КУЗОВА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Улучшение динамических качеств является приоритетной задачей при проектировании нового подвижного состава. **Частота собственных изгибных колебаний кузова – один из важнейших нормируемых показателей, предварительная оценка которого позволяет получать оптимальные конструкции кузова.**

Действующие нормативные документы (ГОСТ, НБ ЖТ, СТ ССФЖТ ЦТ, СТО СДС ОПЖТ), устанавливающие требования к прочностным и динамическим качествам моторвагонного подвижного состава, вагонов пассажирских, а также вагонов метрополитена, содержат единые требования обеспечения нижней собственной частоты изгибных колебаний кузова при максимальной пассажирской нагрузке не ниже 8 Гц. **(СЛАЙДЫ 4-6).**

Этот параметр позволяет провести экспресс-оценку динамических качеств кузова без построения полной динамической модели. При значениях собственной частоты кузова заведомо выше частоты колебаний тележки находится зона с наилучшими показателями плавности хода вагона. Также этот параметр непосредственно связан с показателями плавности хода и уровнем комфорта пассажиров. **(СЛАЙД 7).**



ЗНАЧЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ СОБСТВЕННЫХ ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЙ КУЗОВА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

При проектировании кузова возникает типичное для конструкции противоречие требований к его минимальной массе и достаточной жесткости для обеспечения прочности и динамических качеств. Поэтому для оптимизации конструкции кузова целесообразно использовать значение первой частоты собственных изгибных колебаний: с одной стороны, максимальное значение частоты позволяет обеспечить максимальную общую жесткость кузова, с другой — его минимально возможную массу.

На значение частоты влияет ряд факторов, основные из которых — размеры и форма кузова, определяющие его жесткость, характер распределения и величина нагружающих его масс.

Повышения значения первой частоты собственных изгибных колебаний кузова можно добиться с помощью применения новых конструкционных материалов, оптимизации конструкции кузова и расположения внутренних рёбер экструдированных панелей, вариацией в расположении оконных и дверных проёмов, уменьшения базы вагона (состав «гусеница»).

ТРЕБОВАНИЯ НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ



Технический регламент Таможенного союза «О безопасности железнодорожного подвижного состава» (ТР ТС 001/2011)

V. Требования безопасности

13. При проектировании и производстве железнодорожного подвижного состава и его составных частей необходимо обеспечить:
т) сопротивление усталости при малоцикловых и многоцикловых режимах нагружения;



Технический регламент Таможенного союза «О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта» (ТР ТС 002/2011)

V. Требования безопасности

12. Прочность, устойчивость и техническое состояние объектов технического регулирования настоящего технического регламента должны обеспечивать безопасное движение высокоскоростного железнодорожного подвижного состава с наибольшими скоростями в пределах допустимых значений.

13. При проектировании и производстве объектов технического регулирования настоящего технического регламента необходимо обеспечить:

у) сопротивление усталости при малоцикловых и многоцикловых режимах нагрузки;

ТРЕБОВАНИЯ НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ



ГОСТ Р 55434-2013 Электропоезда. Общие технические требования

5 Требования к механическому оборудованию

5.14.6 Первая собственная частота изгибных колебаний кузова в вертикальной плоскости при максимальной загрузке вагона должна быть не менее 8 Гц.

Документ применяется для целей технических регламентов ТР ТС 001/2011 и ТР ТС 002/2011



ГОСТ 33796-2016 Моторвагонный подвижной состав. Требования к прочности и динамическим качествам

4 Требования к динамическим качествам

4.1 Требования к показателям динамики

4.1.8 Первая собственная частота изгибных колебаний кузова в вертикальной плоскости при максимальной загрузке вагона должна быть не менее 8 Гц.

Документ применяется для целей технических регламентов ТР ТС 001/2011 и ТР ТС 002/2011



ГОСТ 34451-2018 Моторвагонный подвижной состав. Методика динамико-прочностных испытаний

5 Объекты испытаний

5.4 На испытания вместе с образцом для испытаний в аккредитованный испытательный центр (ИЦ) должна быть представлена следующая техническая документация на МВПС и сведения:

- расчет собственных частот и форм колебаний кузовов вагонов;

6 Виды испытаний и определяемые показатели

Виды испытаний и определяемые при испытаниях показатели приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Виды испытаний и определяемые показатели

Документ применяется для целей технических регламентов ТР ТС 001/2011 и ТР ТС 002/2011

Наименование показателей		Единицы измерения	Вид испытаний, контроля
Показатели динамических качеств	Первая собственная частота изгибных колебаний кузова в вертикальной плоскости при максимальной загрузке вагона ($f_{куз}$)	Гц	Испытания по определению первой собственной частоты изгибных колебаний кузова в вертикальной плоскости (см. приложение В)

Приложение В (обязательное)

Методика проведения испытаний по определению первой собственной частоты изгибных колебаний кузова в вертикальной плоскости при максимальной загрузке вагона

ТРЕБОВАНИЯ НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ



ГОСТ 34681-2020 Вагоны пассажирские локомотивной тяги.

Общие технические требования

4 Технические требования

4.2 Требования к конструкции вагона

4.2.2.2 Низшая частота изгибных колебаний кузова вагона в вертикальной плоскости - по ГОСТ 34093-2017 (пункт 15.11).



**Документ применяется для
целей технических регламентов
ТР ТС 001/2011 и ТР ТС 002/2011**



ГОСТ 34093-2017 Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Требования к прочности и динамическим качествам

15 Требования к динамическим качествам вагона и правила их оценки

15.11 Для обеспечения требований комфорта низшая частота изгибных колебаний кузова в вертикальной плоскости должна быть ограничена снизу.

15.11.1 При вибрационных стендовых испытаниях оборудованного кузова под массой брутто **низшая изгибная частота в вертикальной плоскости должна быть не менее 8 Гц.**

15.11.2 Для предварительных расчетов низшую собственную частоту изгибных колебаний определяют по формуле:

$$f = \frac{3,027}{L^2} \sqrt{\frac{EJ}{\mu}} \quad (15.18)$$

где L - длина кузова по концевым стенам;

J - момент инерции среднего сечения кузова, определяемый с учетом редуцирования, проводимого с учетом требований 8.3.1-8.3.4;

- погонная масса кузова брутто.

Частота, определяемая по формуле (15.18) должна быть не менее 10 Гц.

15.11.3 Для уточненных расчетов частоты изгибных колебаний кузова в вертикальной плоскости следует использовать расчетную схему в виде плоской (пространственной) свободной балки с кусочно-постоянными по длине массово-геометрическими характеристиками, ступенчатой осевой линией и с учетом сосредоточенных масс. При этом должны учитываться все компоненты НДС балочной схемы и масса брутто.

Рассчитанная таким образом частота должна быть не менее 9 Гц.

ТРЕБОВАНИЯ НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ



НБ ЖТ ЦТ 03-98 Нормы безопасности на железнодорожном транспорте. Электропоезда. Нормы безопасности.

А.9. Первая собственная частота изгибных колебаний кузова в вертикальной плоскости при максимальной загрузке вагона

А.9.1. Нормативное значение

Первая собственная частота изгибных колебаний кузова в вертикальной плоскости при максимальной загрузке вагона (далее -)

должна быть не менее 8 Гц. Фактическое значение показателя определяют по пункту А.9.2.1.

А.9.2. Метод подтверждения соответствия

А.9.2.1. Метод испытаний

Для определения показателя проводят испытания, в которых возбуждают собственные изгибные колебания кузова в вертикальной плоскости.

...

Испытания по определению показателя проводят на полностью укомплектованном (оборудованном) вагоне после его загрузки мерным грузом, имитирующим вес пассажиров при максимальной населенности.



СТ ССФЖТ ЦТ 15-98 Тяговый подвижной состав. Типовая методика динамико-прочностных испытаний локомотивов.

5 ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

5.5 При ходовых испытаниях оценивают динамические и прочностные качества локомотива по следующим показателям:

5.5.1.6 по первой собственной частоте изгибных колебаний кузова в вертикальной плоскости;

6 МЕТОДЫ, УСЛОВИЯ ИСПЫТАНИЙ

6.3 Методы (способы) определения нормируемых показателей приведены в таблице 6.1.

Наименование показателя, характеристики	Единицы измерения	Значение (допуск) показателя по нормативной документации, на соответствие которой проводятся испытания	Метод, способ определения (контроля) показателя
12 Частота изгибных колебаний кузова, не менее	Гц	8	Расчетный, экспериментальный



СТО СДС ОПЖТ-05-2010 Нормы для проектирования, расчёта и оценки прочности и динамики механической части вагонов метрополитена колеи 1520 мм.

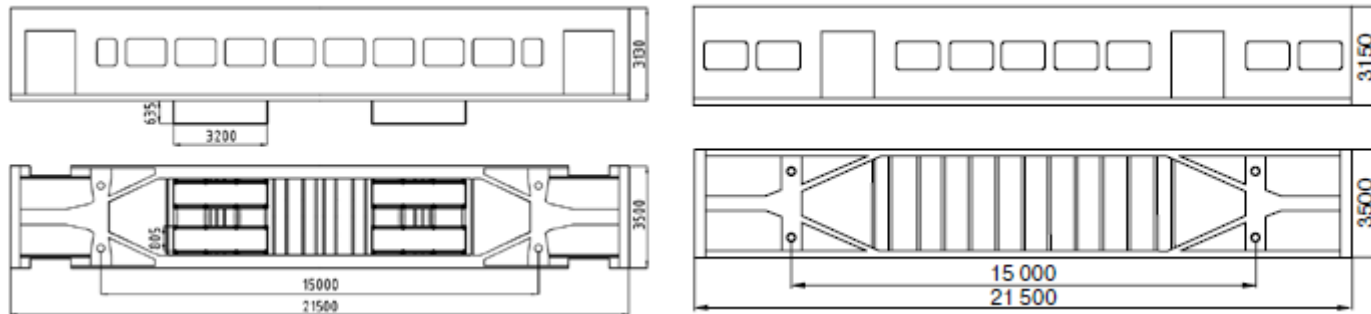
Таблица 6.1, п. 1.8 Первая собственная частота изгибных колебаний кузова в вертикальной плоскости при максимальной загрузке вагона, **не менее 8,0 Гц** (На стадии проектирования нормативное значение контролируемого показателя может быть уменьшено, но не более чем на 5 %.)

7 Методы определения показателей прочности, динамики и развески

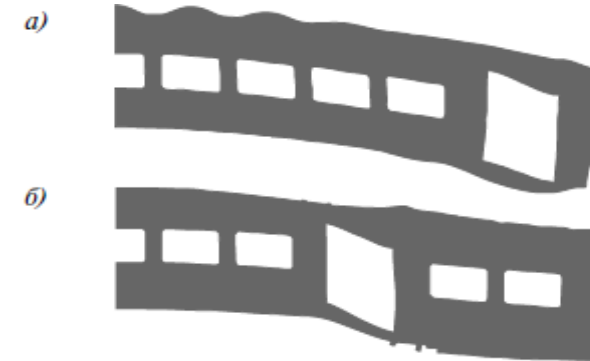
7.7 Метод определения показателя «Первая собственная частота изгибных колебаний кузова в вертикальной плоскости при максимальной загрузке вагона».

ВЛИЯНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ СОБСТВЕННЫХ ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЙ КУЗОВА НА ПОКАЗАТЕЛИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА И КОМФОРТ ПАССАЖИРОВ

1. Собственная частота колебаний кузова характеризует его жёсткость, в частности, изгибная частота характеризует **величину прогиба кузова в вертикальном направлении под нагрузкой**.
2. От величины прогибов напрямую зависит **долговечность кузова, его способность противостоять явлениям усталости и ползучести в несущих элементах кузова**.
3. Снижение собственной частоты колебаний кузова ниже уровня 8 Гц приведет к риску возникновения резонанса и **непрогнозируемому и неконтролируемому** возрастанию динамических амплитуд напряжений в наиболее нагруженных зонах кузова.



Конструктивные схемы кузова вагона электропоезда различных исполнений



Формы изгибных колебаний кузова двух исполнений

4. Снижение собственной частоты колебаний кузова до уровня 6-6.5 Гц приведет к риску возникновения неприятных ощущений у пассажиров вследствие резонанса с собственными частотами колебания внутренних органов:



сердца – 4-6 Гц



почек – 6-8 Гц



позвоночника – 4-6 Гц

О ЗНАЧИМОСТИ ПОКАЗАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ СОБСТВЕННЫХ ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЙ КУЗОВА

- В соответствии с изложенным выше, считаем, что вопрос избыточности требования к собственной частоте вертикальных изгибных колебаний кузовов, а тем более вопрос корректировки действующих нормативных документов (в том числе включенных в доказательную базу технических регламентов) в части исключения из них сертификационного показателя – на сегодняшний день не стоит, так как показатель напрямую влияет на прочностные характеристики кузова и здоровье и комфорт пассажиров.
- Что касается неприменения требования к собственной частоте вертикальных изгибных колебаний – считаем возможным рассмотреть вопрос замены его в будущем на иной сертификационный параметр (или совокупность параметров) при соответствующем исследовании со всех точек зрения и наличии научного подтверждения защиты от негативного воздействия на комфорт и здоровье пассажиров и персонала, а также на долговечность подвижного состава и безопасность движения. Необходимо проведение испытаний, исследований, сбор и анализа статических данных, на основании которых уполномоченными институтами может быть принято соответствующее решение.
- Дальнейшее рассмотрение данного вопроса предлагаем провести на площадке профильного Комитета Ассоциации ОПЖТ с участием всех заинтересованных организаций.

СПАСИБО!

TMX

119048, Россия, Москва, ул. Ефремова, д. 10

Телефон: +7 495 660 89 50

Факс: +7 495 744 70 94

e-mail: info@tmholding.ru

www.tmholding.ru

