

сумма на знакопостоянном циклу, то испытания на усталостный изгиб удобнее выполнять на гидравлических машинах пульсаторного типа.

Для реализации такого рода испытаний разработана специальная технологическая оснастка, обеспечивающая жесткое закрепление зубчатого колеса и сохранение его в течение всего испытания в неподвижном состоянии, а нагружение осуществлялось на сервогидравлической машине с частотой 7 Гц. В результате через нагружающую головку и противоположную опорную головку (опертую на основание) повторно-переменная нагрузка исполнительного механизма передается на испытываемые зубья испытываемой шестерни (при этом вал технологической оснастки не нагружен).

В соответствии с требованиями ГОСТ 30803–2014 зубчатое колесо по критерию изгибной усталости без разрушения должно выдержать 4 миллиона циклов, а испытания должны проводиться по ГОСТ 25.507–85, который регламентирует, чтобы при испытаниях максимально должны были смоделированы условия реальной эксплуатации. В результате проведенных исследований для ведомых шестерен БКГ-2 была получена характерная циклограмма, т. е. график изменения вращающего момента во времени в условиях реальной эксплуатации. Было установлено, что каждый блок нагружения можно разделить на три ступени: запуск – 5 %, движение с постоянной скоростью – 80 %, движение с высокой скоростью – 15 %. Исходя из требуемой продолжительности испытаний принята диаграмма циклического блочного нагружения, состоящая из 15 блоков длительностью 266 670 циклов каждый (рисунок 1).

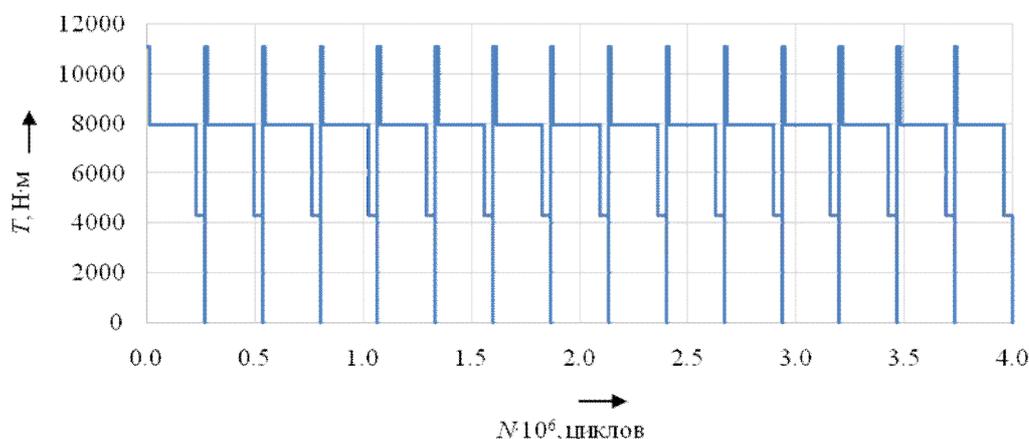


Рисунок 1 – Диаграмма циклического нагружения при испытаниях на изгибную усталость (15 блоков)

Расчетная окружная сила рассчитывалась по методике ГОСТ 21354-87 и соответствовала для пусковой нагрузки 128,9 кН, для движения с постоянной скоростью – 92,1 кН, для движения с высокой скоростью – 50 кН. После проведения испытаний в течение 4 миллионов циклов разрушение зубьев шестерни не произошло и трещин в области переходной кривой не обнаружено.

В результате проведенной работы применительно к зубчатым колесам электровозов серии БКГ-2 была получена диаграмма циклического нагружения. Считаем, что данную работу также целесообразно провести и для оценки нагруженности зубчатых колес в условиях Белорусской железной дороги. В целом использование предлагаемой методики испытаний позволит сократить длительность испытаний зубьев колес на изгибную усталость и снизить затраты на реализацию таких испытаний.

УДК 629.45

## ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЙ КУЗОВОВ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

*А. Н. СКАЧКОВ, С. А. ДЕМЕНТЬЕВ, И. А. ДЕМЕНТЬЕВ, С. Л. САМОШКИН*  
ЗАО Научная организация «Тверской институт вагоностроения», Российская Федерация

Характеристики свободных затухающих колебаний кузова вагона (собственные частоты и коэффициент демпфирования – затухания) полностью определяют индивидуальные свойства динами-

ческой системы и имеют основное значение при анализе ее вынужденных колебаний [1, 2]. Для оценки частотных характеристик кузова вагона проводят стендовые динамические испытания. В этом случае посредством специального испытательного оборудования на кузов вагона оказывается воздействие с целью возбуждения колебаний с необходимыми частотой и амплитудой, что позволяет экспериментально определить собственные частоты колебаний и скорость их затухания [3, 4].

В настоящее время существует несколько методов по определению параметров изгибных колебаний кузовов вагонов. Каждый из них имеет ряд недостатков. При использовании вибромашины в оборудованном вагоне высока вероятность повреждения отделки, а также ограниченность ее установки в тамбуре. При сбросе груза также существует вероятность повреждения отделки и элементов кузова, при сбросе с клиньев – трудность выделения показателей жесткости кузова и ходовых частей.

Предлагаемый метод основывается на создании возмущающих колебаний с помощью гидроцилиндров, установленных под опорными поверхностями кузова или под буксовые узлы колесных пар. Схема установки представлена на рисунке 1. Насосный агрегат подает гидравлическую жидкость через управляющую аппаратуру (пропорциональный гидрораспределитель) на гидроцилиндры одностороннего действия. Количество гидроцилиндров и места их установки зависят от поставленной задачи. Пример установки гидроцилиндров представлен на рисунке 2.

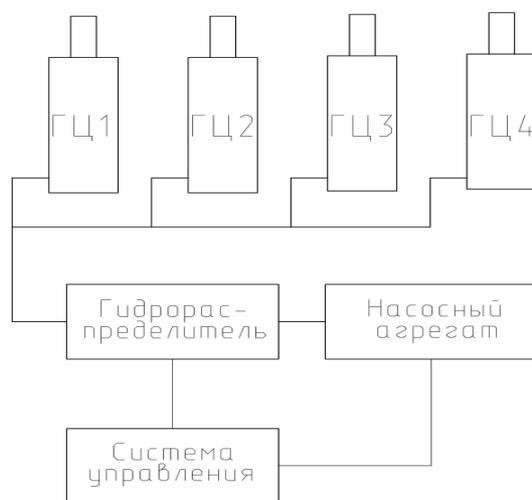


Рисунок 1 – Схема установки с четырьмя гидроцилиндрами для воздействия на кузов вагона

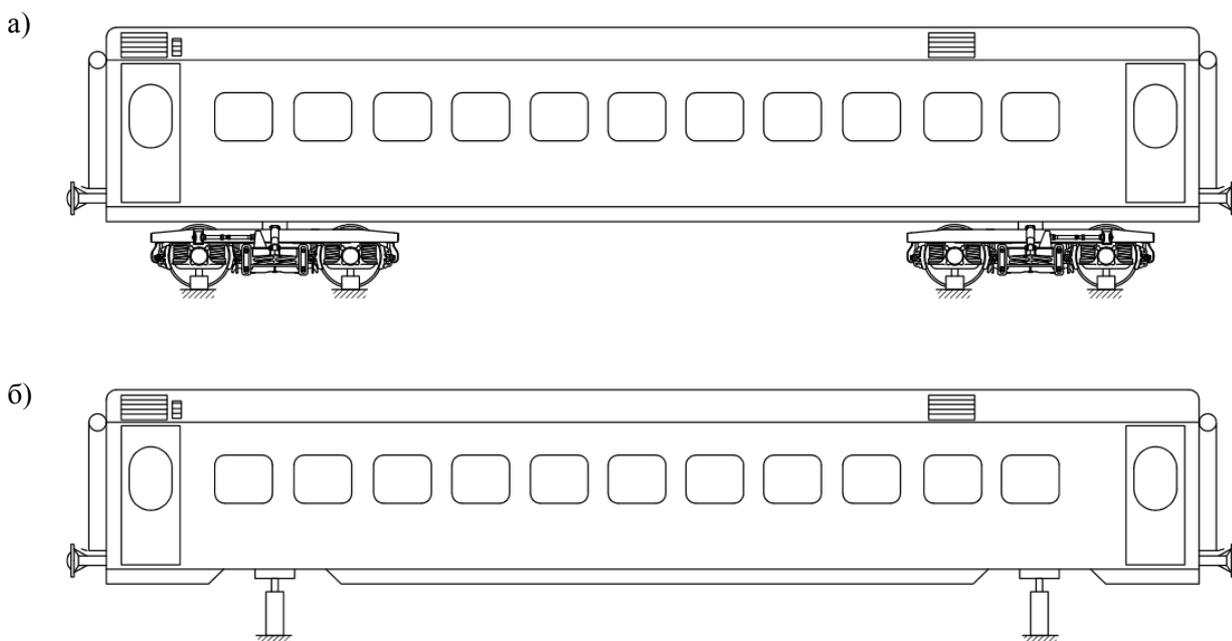


Рисунок 2 – Схемы установки гидроцилиндров:  
а – под буксовые узлы; б – под кузов вагона

Гидрораспределитель, оснащенный блоком электронного управления, связан с системой, которая позволяет регулировать как амплитуду, так и частоту вынужденных колебаний штоков гидроцилиндров. При этом рабочее давление в гидросистеме составляет 20 МПа, что позволяет развивать усилия до 200 кН (20 т) в зависимости от типоразмера гидроцилиндров. Частоту возмущающих колебаний гидроцилиндров возможно регулировать в диапазоне от 0 до 20 Гц.

При использовании данной системы возможно исследование как металлоконструкции кузова отдельно от экипажной части вагона, так и снаряженного кузова совместно с ходовыми частями, при этом повреждение внутренней отделки и элементов кузова сводится к минимуму.

#### Список использованных источников

- 1 Соколов, М. М. Контроль динамики железнодорожного подвижного состава / М. М. Соколов, А. В. Третьяков, И. Г. Морчиладзе – М. : ИБС – Холдинг, 2007. – 358 с.
- 2 Пановко, Я. Г. Основы прикладной теории колебаний и удара / Я. Г. Пановко. – Л. : Политехника, 1990. – 272 с.
- 3 Вагоны. Проектирование, устройство и методы испытаний / под ред. Л. Д. Кузьмича. – М. : Машиностроение, 1978. – 376 с.
- 4 Конструирование и расчет вагонов : учеб. / В. В. Лукин [и др.]; под ред. П. С. Анисимова. – 2-е изд. перераб. и доп. – М. : ФГОУ «Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп.», 2011. – 688 с.

УДК 629.45

### АНАЛИЗ МЕТОДОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИЗГИБНЫХ КОЛЕБАНИЙ КУЗОВОВ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ

*А. Н. СКАЧКОВ, С. Л. САМОШКИН, С. А. ДЕМЕНТЬЕВ*

*ЗАО Научная организация «Тверской институт вагоностроения», Российская Федерация*

Для оценки соответствия пассажирских вагонов требованиям нормативных документов впервые введен показатель, характеризующий изгибные колебания кузова вагона, – «первая собственная частота изгибных колебаний в вертикальной плоскости при максимальной загрузке вагона» [1, 2].

Для определения указанного показателя испытания проводят на полностью оборудованном вагоне, установленном на штатных тележках, после его загрузки мерным грузом, имитирующим вес пассажиров при максимальной населенности. Следует отметить, что в случае получения отрицательного результата по указанному показателю испытания прекращаются и проводится комплекс мероприятий (ремонтных, технологических, расчетно-экспериментальных) по устранению причин этого результата. Проведение таких мероприятий может быть весьма длительным и дорогостоящим [3].

В связи с этим рекомендуется разработка метода управления параметрами изгибных колебаний кузовов пассажирских вагонов, охватывающего все этапы их создания [4]. В этом случае при проведении испытаний способ возбуждения собственных частот колебаний должен быть единым для кузовов вагонов в разной их комплектации. Наиболее часто применяют следующие способы возбуждения: за счет вибратора проведением опыта «сброса с клиньев», реализацией удара по кузову по типу испытаний на соударение, вертикального удара по полу и т. д. [5].

Способ возбуждения собственных частот колебаний с применением вибратора является наиболее распространенным. Однако установка вибромашин в полностью оборудованном кузове возможна только в тамбуре, но и в этом случае приходится повреждать пол.

Рассматривая способ «сбрасывания с клиньев», можно отметить его сравнительную безопасность для вагона. Однако этот способ можно применять только при установке вагона на штатных тележках. Кроме того, выделить степень влияния изгибной жесткости кузова и жесткости параметров ходовых частей на экспериментальное значение частоты практически невозможно.

Способ нанесения удара по типу испытаний на соударения, выполняемого с подпором испытуемого вагона, широкого распространения не получил. Он, как и способ «сбрасывания с клиньев», применим только для оборудованного вагона и установленного на штатных тележках. Кроме того, получаемые экспериментальные значения частот уже являются производными трех показателей, так как к ним добавляются упругие характеристики поглощающих аппаратов трех сцепленных вагонов при ударе.