

Е.А. ОРЛОВ, ОАО „Измюмский вагоноремонтный завод”,
Т.А. ВАСИЛЬЕВА, М.М. СМЕРНОВ, докт. техн. наук, НТУ „ХПИ”

МЕТОДИКА РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЕЙ СИЛОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕПЛОВЗОВ

У статті запропоновано підхід експериментальної ідентифікації параметрів числових моделей елементів корпусів транспортних засобів та постановка натурного експерименту на базі моделі, що виконана у масштабі.

In this paper the approach to experimental identification of parameters of numerical models of elements of vehicle hulls and statement of experiment on the basis of model executed in scale are offered.

Актуальность. При исследовании механических характеристик (прочность, жесткость) реальных объектов остро стоит вопрос обоснования адекватности физической и численной моделей. При проведении исследований транспортных средств предложена технология расчетно-экспериментальных исследований, описанная в работах [1-3], которая предусматривает обоснование параметров расчетных моделей исследуемых объектов путем сравнения результатов моделирования натурной конструкции и экспериментального исследования на натурной конструкции или на модели. В связи с тем, что на натурной конструкции проведение экспериментов затруднительно [1-5], в качестве первого этапа выступает расчетно-экспериментальное исследование макета корпуса тепловоза (рис. 1). В данной статье описана методика проведения экспериментальных исследований на моделях тепловозов.

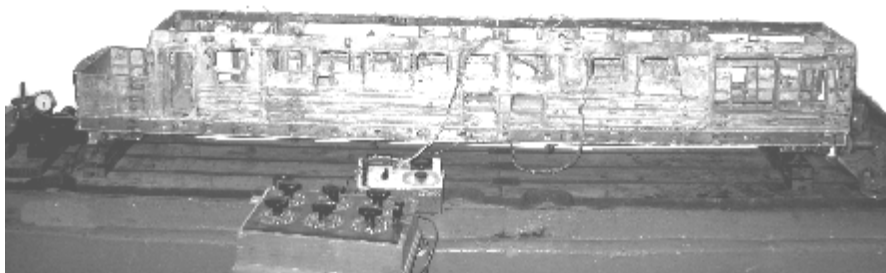


Рис. 1. Макет корпуса тепловоза

Описание макета. На рис. 1 изображен макет тепловоза. Корпус макета сделан из жести и листового металла. Толщина жести 0.1 мм, толщина листового металла 0.8-1 мм. Также для моделирования стяжных ящиков были использованы

ны цельнометаллические элементы. Элементы соединены между собой пайкой и сваркой (рис. 2-4). При изготовлении макета в масштабе старались максимально выдержать конструктивные особенности реальных объектов [3-11].

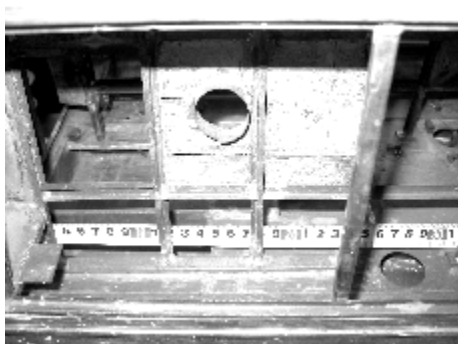


Рис. 2. Элементы из жести, соединенные пайкой

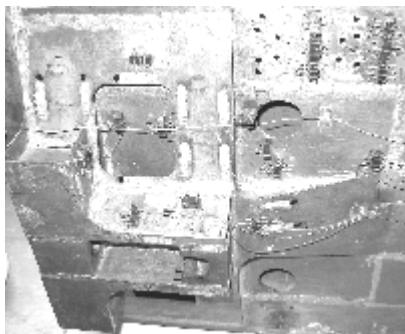


Рис. 3. Элементы из листового металла, соединенные сваркой

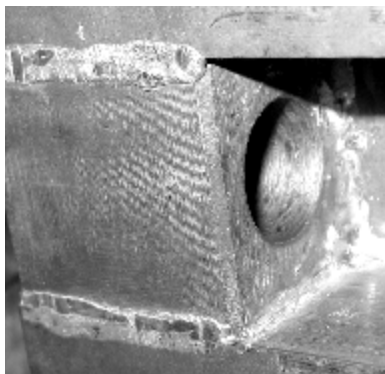


Рис. 4. Элементы, моделирующие стяжные ящики

Для регистрации напряжений, возникающих при различном нагружении, на элементы корпуса были наклеены проволочные тензодатчики типа КФ-5 (рис. 5). В местах, которые представляют наибольший интерес, датчики дублируются на небольшом расстоянии.

Регистрация показаний датчиков происходит с помощью прибора „ИСД-3” (рис. 6), подключенного по мостовой схеме, для компенсации сопротивлений тензодатчиков (рис. 7).

Регистрация усилий, с которыми производится нагружение, осуществляется с помощью универсального динамометра (рис. 8) сист. Н.Г. Токаря для номинальной нагрузки 5 т.



Рис. 5. Фрагмент расположения тензодатчиков

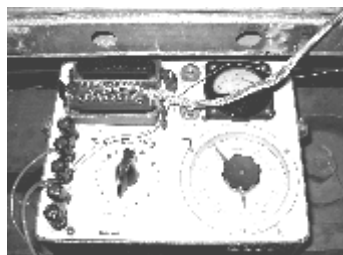


Рис. 6. Прибор ИСД-3 используемый для регистрации величин деформации

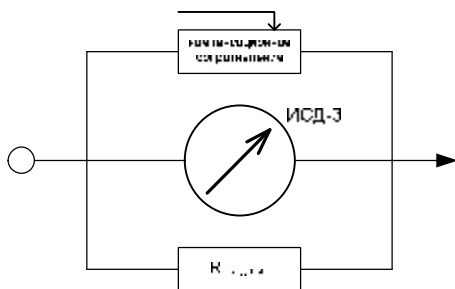


Рис 7. Схема подключения прибора ИСД-3

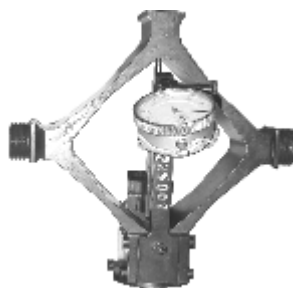


Рис. 8. Универсальный динамометр

Типы экспериментов. В соответствии со статьей [3] принято решение о необходимости проведения экспериментальных исследований для нескольких базовых вариантов нагружения:

- одноосное растяжение (вдоль оси тепловоза);
- одноосное сжатие (вдоль оси тепловоза);
- поперечный изгиб под действием некоторой весовой нагрузки (для нескольких мест приложения нагрузки);
- диагональное вывешивание при действии некоторой весовой нагрузки.

Также необходимо провести многочисленные повторяющиеся тарировочные эксперименты, которые позволили бы определить степень устойчивости показаний датчиков при однотипном нагружении.

Одноосное растяжение. Для создания одноосного растяжения (рис. 9)

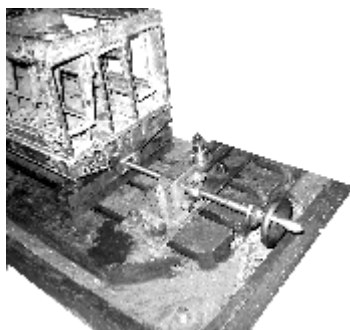


Рис.9. Нагружение макета для создания одноосного растяжения

применяется следующая схема: передний стяжной ящик крепится болтом М16 к динамометру, который, в свою очередь, прикреплен к неподвижной станине. Задний стяжной ящик через винт М16 также крепится к станине. При вращении винта, прикрепленного к заднему стяжному ящику, создается усилие натяжения, которое регистрируется динамометром (рис. 10).

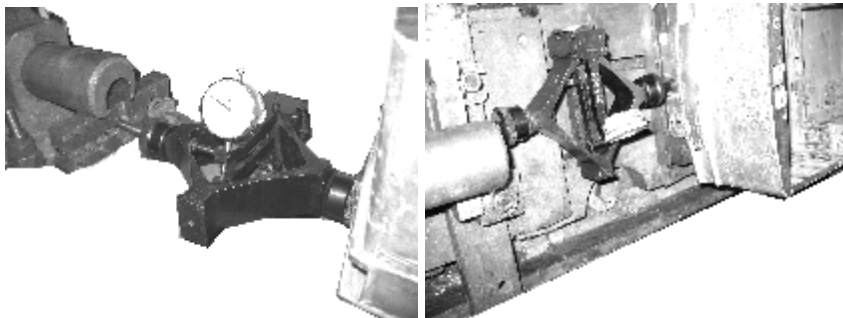


Рис 10. Регистрация величины растягивающего усилия динамометром

Устройства, обеспечивающее усилие натяжения, и динамометр, фиксирующий величину усилия, прикреплены к корпусу тепловоза с помощью стяжных ящиков и к станине при помощи крепежных приспособлений.

Одноосное сжатие. Создание сжимающей нагрузки (рис. 11) осуществляется посредством вращения шагового винта, давление перераспределяется с помощью круговой накладке (рис. 12) и прикладывается к стяжным ящикам. Величина усилия регистрируется динамометром (рис. 13).



Рис.11. Нагружение макета одноосным сжатием

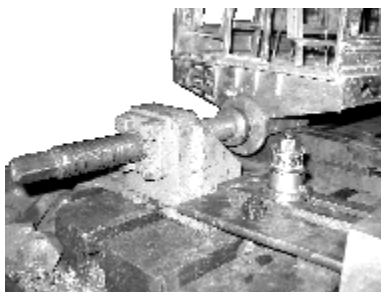


Рис. 12. Способ приложения сжимающей нагрузки

Моделирование изгиба под действием весовой нагрузки. На раму тепловоза устанавливаются массивные элементы – двигатель, генератор и другое оборудование, для моделирования их воздействия в аналогичные места на раму макета устанавливается груз весом от 25 до 120 кг. Места установки груза показаны на рис. 14.

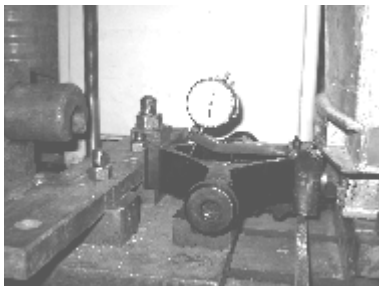


Рис. 13. Регистрация величины усилия сжатия динамометром

Для моделирования нагрузки от веса двигателя и другого оборудования по центру рамы устанавливается груз (25-120 кг). На рис. 17 изображено нагружение макета для моделирования диагонального вывешивания.

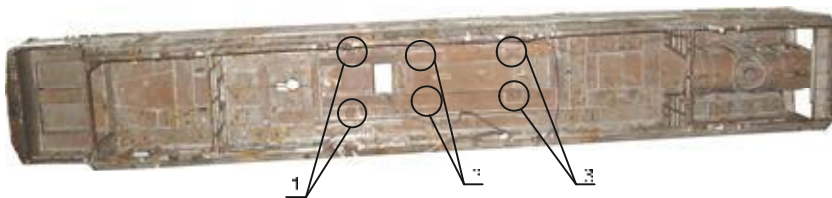


Рис. 14. Точки приложения весовой нагрузки, моделирующей нагрузку от веса двигателя (2, 3), генератора (1) и другого оборудования

Анализ стабильности результатов.

Для определения стабильности регистрируемых показаний на базе эксперимента на изгиб проводилось многократное нагружение-разгружение конструкции со съемом показаний датчиков в каждом состоянии. Опрос датчиков осуществлялся в прямом и обратном порядке, а также случайным образом.

Проведенные исследования продемонстрировали высокую стабильность показаний датчиков.

Выводы. В статье предложена методика экспериментального исследования корпусов и рам транспортных средств путем создания масштабной модели, которая отражает основные особенности силовой структуры исследуе-

Выбор такого варианта приложения нагрузки в дальнейшем позволит дополнительно провести проверку эквивалентности суммирования результатов экспериментов и эксперименту с двойной нагрузкой. Общий вид модели с приложенным весом показан на рис. 15.

Для моделирования диагонального вывешивания макет тепловоза устанавливается на две опоры (точки установки опор показаны на рис. 16), которые находятся в местах крепления ко-

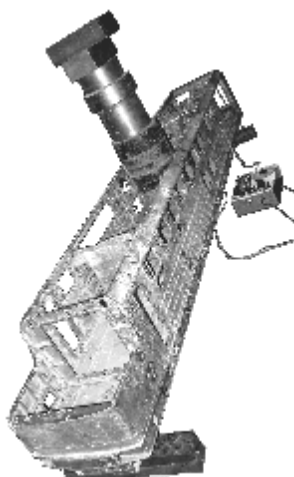


Рис. 15. Макет тепловоза с приложенной весовой нагрузкой (для моделирования изгиба)

мого объекта, обклеивания макета тензодатчиками, моделирует разложение нагрузки на базовые составляющие и обеспечивает проведение эксперимента для каждого типа нагружения в отдельности. Для апробирования работоспособности выбранной методики применительно к корпусам и рамам транспортных средств в настоящее время создается виртуальная электронная модель корпуса тепловоза для ее дальнейшего численного анализа.

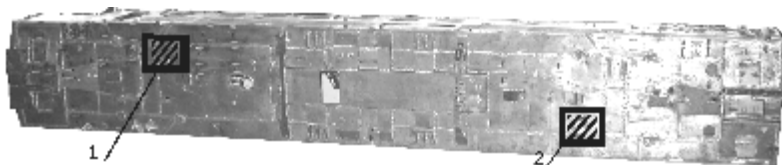


Рис.16 Точки опоры при диагональном вывешивании (вид снизу)

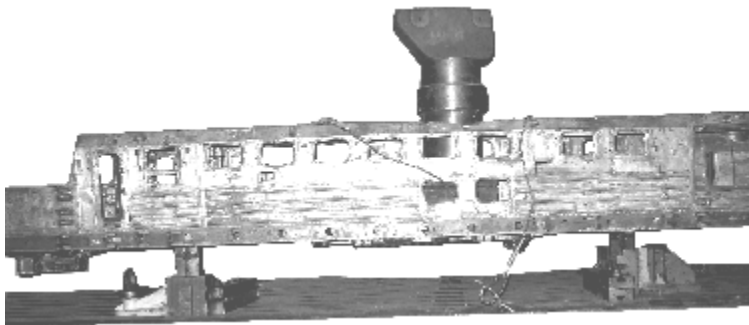


Рис. 17. Нагружение макета для моделирования диагонального вывешивания

Список литературы: 1. Веретельник Ю.В., Миргородский Ю.Я., Пелешко Е.В., Ткачук Н.А. Параметрические модели элементов сложных систем как основа построения специализированных расчетных систем // Механіка та машинобудування. – Харків: НТУ «ХПІ», 2003. – № 1, т. 2. – С.3-8 2. Орлов Е.А. Параметрический подход к моделированию динамики железнодорожных экипажей // Вісник НТУ «ХПІ». Тем. вип.: „Машиноведение и САПР”. – 2007. – №.33. – С. 77-87. 3. Орлов Е.А. Моделирование воздействия эксплуатационных нагрузок на рамы тепловозов: методы, модели, специализированная САПР // Вісник НТУ «ХПІ». Тем. вип.: „Машиноведение и САПР”. – 2006. – №.24. –С.103-112. 4. Конструкция и динамика тепловозов / Под ред. В.Н.Иванова. – М.: Транспорт, 1974. – 336 с. 5. Овечников Н.Н. и др. Расчет несущего кузова тепловоза как стержневой системы с использованием ЭЦВМ // Тр. ВНИТИ. – Вып..129. – 1968. – С.3-39. 6. Апанович Н.Г. и др. Конструкция, расчет и проектирование тепловозов. – М.: Машиностроение, 1969. – 387 с. 7. Технические требования к проектируемым локомотивам по условиям прочности, динамики и воздействия на путь. – М.: Трансжелдориздат, 1964. – 20 с. 8. Исследование динамики и прочности вагонов /Под ред. С.И.Соколова. – М.: Машиностроение, 1976. – 224 с 9. Экспериментальные методы исследования деформаций и напряжений: справочное пособие. Под ред. Б. С. Касаткина. – К., Наукова думка, 1981. – 583 с. 10. Тепловоз 2ТЭ116 / Филонов С.П., Гибалов А.И., Быковский В.Е. и др. – М.: Транспорт, 1985. – 328 с. 11. Тепловозы 2ТЭ10М, 3ТЭ10М: Устройство и работа / Филонов С.П., Заборов А.А., Ренкунас В.В. и др. – М.: Транспорт, 1986. – 288 с.

Поступила в редколлегию 30.08.2007