

УДК 629.463.12

*Виктор Осмак
Надежда Брайковская*

**К ОЦЕНКЕ ГЕРМЕТИЧНОСТИ КУЗОВА ВАГОНА
С ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ФИЗИЧЕСКОЙ
МОДЕЛИ**

Разработана процедура и физическая модель к оценке герметичности кузова вагона при теплотехнических испытаниях методом нагрева воздуха в грузовом помещении кузова вагона до получения стабильного перепада между температурами воздуха внутри и снаружи вагона в режиме теплопередачи близкому к стационарному.

Розроблена процедура і фізична модель до оцінки герметичності кузова вагона при теплотехнічних випробуваннях методом нагрівання повітря у вантажному приміщенні кузова вагона до отримання стабільного перепаду між температурами повітря усередині та зовні вагона в режимі теплопередачи близькому до стаціонарного.

The procedure and the physical model to estimate leakage car body under thermal testing by heating the air in the cargo area body of the wagon to get a stable difference in temperature between the air inside and outside the car in the mode of heat transfer is close to stationary.

Ключевые слова: кузов вагона, герметичность, теплотехнические испытания, тепловой баланс, фильтрация, физическая модель.

Абсолютная герметичность кузова вагона с теплоизоляцией практически невозможна. В реальных условиях, теплопередача через ограждение кузова вагона, сопровождается процессами неорганизованного воздухообмена, т.е. фильтрацией (инфильтрацией и эксфильтрацией). Препятствует воздухообмену с окружающей средой достаточно развитая по толщине и объему теплоизоляция. Применение способов заливки и напыления пенопластов, при формировании теплоизоляционного слоя в ограждениях кузова, значительно повысило герметичность вагона. При этом, возрастают требования к оценке герметичности (плотности) кузова вагона.

В настоящее время, определение показателя герметичности ограждения кузова вагона, проводится при проведении предварительных, приемочных, периодических (или аттестационных) и типовых теплотехнических испытаниях.

© Осмак В. Е. , Брайковская Н. С., 2011

Показатель герметичности определяют по величине расхода воздуха, при поддержании нормированного избыточного давления внутри грузового помещения вагона, на уровне 49 Па. Величину допустимого расхода воздуха через неплотности нормируют в зависимости от типа вагона. При теплотехнических испытаниях вагона также определяют средний коэффициент теплопередачи ограждения кузова [1, 2]. Экспериментальное определение среднего коэффициента теплопередачи ограждений кузова вагона производится методом нагрева воздуха в грузовом помещении кузова вагона, до получения стабильного перепада между температурами воздуха внутри и снаружи вагона, в режиме теплопередачи, близкому к стационарному, при этом тепловой баланс соответствует уравнению [3]:

$$W = Q_{ок} + Q_{ф}, \quad (1)$$

где W – мощность нагревательных элементов, Вт;

$Q_{ок}$ – тепловой поток через ограждение кузова под воздействием разности температур воздуха внутри и снаружи вагона, Вт.

$Q_{ф}$ – тепловой поток от фильтрации воздуха через неплотности, Вт.

Для определения показателя герметичности при теплотехнических испытаниях вагона методом нагрева воздуха в грузовом помещении кузова вагона, предлагается использовать следующую процедуру. По установившейся мощности нагревательных элементов, при полученном стабильном перепаде температур между температурами воздуха внутри и снаружи вагона и расчетному значению теплового потока через ограждение кузова вагона, с учетом истинного коэффициента теплопередачи, определяем тепловой поток от фильтрации воздуха.

Тепловой поток от фильтрации воздуха составляет [4]:

$$Q_{ф} = G_{ф} \cdot (h_{в} - h_{н}), \quad (2)$$

где $G_{ф}$ – расход воздуха при фильтрации, кг/с;

$h_{в}$, $h_{н}$ – удельная энтальпия воздуха соответственно внутри и снаружи вагона, Дж/кг.

Из уравнения (2), определяем значение расхода воздуха при фильтрации, что является основанием для оценки показателя герметичности кузова вагона.

Для оценки описанной методики разработана физическая модель кузова крытого вагона.

Создание физической модели - это один из методов экспериментального изучения физического процесса, в данном случае фильтрации воздуха через неплотности ограждения кузова крытого вагона [5, 6].

Воспроизведение исследуемого физического процесса, в целях эксперимента, в реальных масштабах - дорогостоящее и энергоемкое.

При математическом моделировании процесс описывается сложной системой уравнений.

Физическое моделирование основано на физическом подобии процессов, которые протекают при теплотехнических испытаниях в реальном кузове крытого вагона и масштабированной модели.

Надежные результаты получаются лишь в случае соблюдения физического подобия процесса фильтрации воздуха из кузова крытого вагона. Критерием подобия для модели и реального кузова вагона являются физические величины

теплового балансу і расхода воздуха при фильтрации, которые сохраняют свои физические параметры на модели. Равенство однотипных критериев и параметров - необходимое и достаточное условие физического подобия. Таким образом, физическая модель является уменьшенной в масштабе кузовом вагона и проведение экспериментов на этой модели с последующим получением выводов, результатов, закономерностей распространяется на реальный процесс фильтрации воздуха кузова крытого вагона.

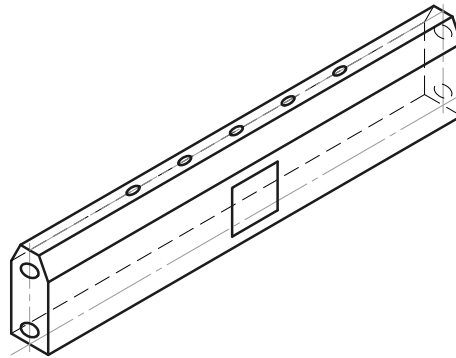


Рис. 1. Общий вид физической модели исследования герметичности кузова крытого вагона

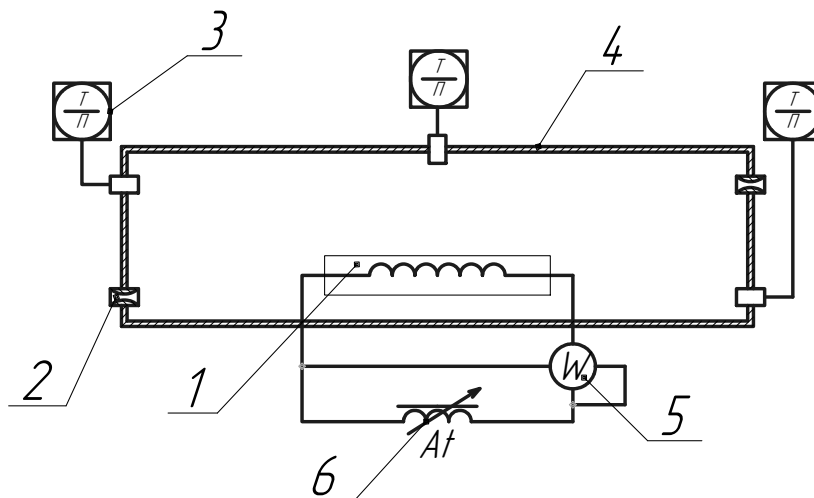


Рис. 2. Схема физической модели крытого вагона при проведении теплотехнических испытаний:

1 – электронагреватель, 2 – дроссель, 3 – термометр, 4 – ограждающая конструкция, 5 – ваттметр, 6 – автотрансформатор.

Выполнена модель из листовой стали толщиной 3 мм и копирует кузов крытого вагона. Основание сформировано из одного гнутого листа П-образной формы, из которого получается пол и боковые стены, отдельными элементами выполнены торцевые стены и крыша. Соединение всех элементов выполнено сваркой по

теплового балансу і расхода воздуха при фильтрации, которые сохраняют свои физические параметры на модели. Равенство одностипных критериев и параметров - необходимое и достаточное условие физического подобия. Таким образом, физическая модель является уменьшенной в масштабе кузовом вагона и проведение экспериментов на этой модели с последующим получением выводов, результатов, закономерностей распространяется на реальный процесс фильтрации воздуха кузова крытого вагона.

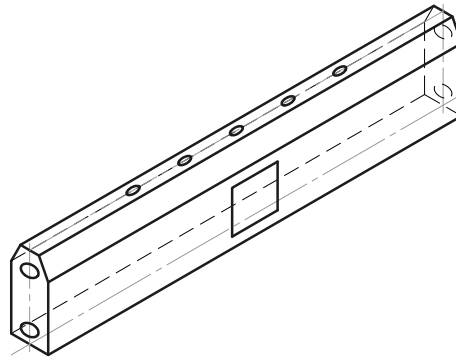


Рис. 1. Общий вид физической модель исследования герметичности кузова крытого вагона

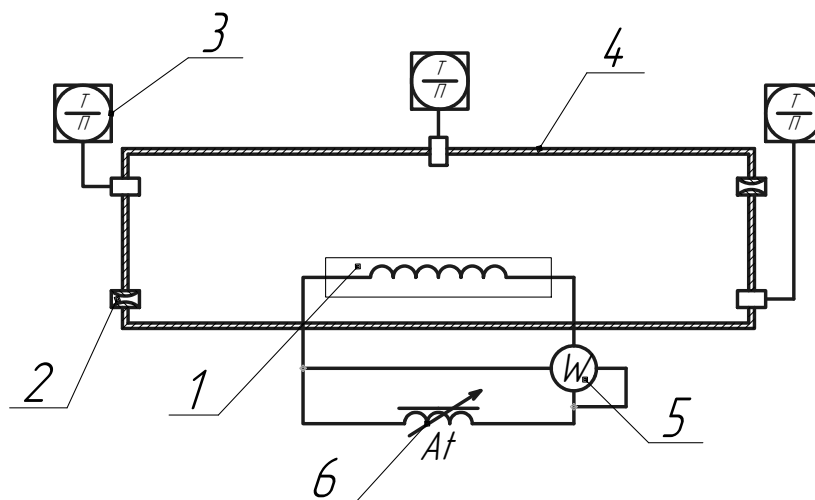


Рис. 2. Схема физической модели крытого вагона при проведении теплотехнических испытаний:

1 – электронагреватель, 2 – дроссель, 3 – термометр, 4 – ограждающая конструкция, 5 – ваттметр, 6 – автотрансформатор.

Выполнена модель из листовой стали толщиной 3 мм и копирует кузов крытого вагона. Основание сформировано из одного гнутого листа П-образной формы, из которого получается пол и боковые стены, отдельными элементами выполнены торцевые стены и крыша. Соединение всех элементов выполнено сваркой по

периметру всех деталей таким образом, что получилась единая сварная конструкция. На одной из боковых стен вырезан дверной проем и закрыт крышкой, которая крепится болтами по периметру. Этот проем предназначен для монтажа и осмотра внутренней полости модели. Внутри располагаются два трубчатых электрических нагревателя (тэн), установленных на фарфоровых изоляторах. Соединение тэнов выполнено последовательно. Мощность одного тэна 0,98 кВт, напряжение 220В, длина трубки тэна 1 м, диаметр трубки 12 мм. Тэны предназначены для нагревания воздуха внутри модели. Также одним из важных конструктивных элементов на модели являются втулки, выполненные наружным диаметром 32мм высотой 35мм с внутренней дюймовой резьбой $\frac{3}{4}$ ". Выбор дюймовой резьбы обусловлен универсальностью крепления различного оборудования.

Вдоль продольной оси располагаются девять втулок для крепления измерительных приборов и пробок с установленной площадью эквивалентного отверстия, которые моделируют каналы фильтрации в ограждении кузова вагона. Проведение исследований на масштабированной физической модели и основные положения разработанной методики позволят экспериментально оценить показатель герметичности при теплотехнических испытаниях вагона методом нагрева воздуха в грузовом помещении.

Выводы

1. Разработанная процедура предусматривает определение показателя герметичности при теплотехнических испытаниях методом нагрева воздуха в грузовом помещении кузова вагона до получения стабильного перепада между температурами воздуха внутри и снаружи вагона в режиме теплопередачи.

2. Разработана физическая модель кузова крытого вагона обеспечивает подобии процессов, которые протекают при теплотехнических испытаниях в реальном кузове крытого вагона, .

3. Экспериментальное воспроизведение исследуемого физического процесса, с использованием физической модели, описываемое математической моделью на основании уравнения теплового баланса при теплотехническом испытании кузова вагона не является дорогостоящими.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ищенко В. Н., Осьмак В. Е., Обуховский В. В.* Оценка теплозащитных качеств кузова крытого вагона с теплоизоляцией / Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту. – 2010. – Вип. 23. – С. 176-182.

2. ОСТ 24.050.65-86 Вагоны рефрижераторные. Методика проведения теплотехнических испытаний УДК629.463.125.001.4.Группа Д59.

3. *Барташ Е. Т.* Энергетика изотермического подвижного состава. – М.: Транспорт, 1976. – 304с.

4. *Левенталь Л. Я., Лысенко Н. Е., Сучков Д. И., Хенаг А.* Энергетика и технология хладотранспорта: Учебное пособие для вузов железнодорожного транспорта / Под редакций Л.Я. Левенталя. – М.: Транспорт, 1993. – 228с.

5. *Седов Л. И.* Методы подобия и размерности в механике, М., 1972

6. *Кирпичев М. В., Михеев М. А.* Моделирование тепловых устройств. – М.-Л., 1936.