

УДК 629

А.А. Петров, Б.А. Оболенский, М.Г. Корчажкин
ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ СТАНЦИЯ ПРОВЕРКИ ТРАНСПОРТНЫХ
СРЕДСТВ НА СООТВЕТСТВИЕ ТРЕБОВАНИЯМ СПС

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В статье представлены особенности и возможности испытательной станции НГТУ для проверки транспортных средств. Описано устройство станции и используемое оборудование. Излагается методика определения коэффициента теплопередачи изотермического фургона.

Ключевые слова: станция измерения коэффициента теплопередачи, изотермический фургон.

Изотермические фургоны предназначены для перевозки грузов, требующих защиты от воздействия внешней среды и поддержания определенного температурного режима внутри кузова. В связи с этим важной является проблема оценки изотермических свойств фургонов с целью проведения сертификации транспортных средств и принятия решения о допуске их к перевозкам.

Требования к оценке свойств изотермических фургонов устанавливает «Технический регламент по безопасности колесных транспортных средств (ТР ТС 018/2011)» [1]. Приложение 6. Пункт 1.23 Требования к транспортным средствам-фугонам для перевозки пищевых продуктов. Дополнительные требования к специальным транспортным средствам устанавливает «Соглашение о международных перевозках скоропортящихся пищевых продуктов и о специальных транспортных средствах, предназначенных для этих перевозок (СПС)», документ подписан 1 сентября 1970 г. в Женеве и распространяется в более чем сорока государствах [2]. В Российской Федерации функционирует около шести станций для оценки теплоизолирующих свойств изотермических фургонов. Одна из них располагается на территории испытательной лаборатории НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Начала она функционировать с января 2015 года [3]. Станция позволяет проводить испытания изотермических транспортных средств, транспортных средств-ледников, транспортных средств-рефрижераторов или отапливаемых транспортных средств, длиной до 16 метров и высотой до 4,5 метров (рис. 1).

Станция позволяет проводить следующие виды испытаний:

- измерение коэффициента теплопередачи изотермических транспортных средств;
- измерение холодопроизводительности и холодильных систем;
- испытание автомобильного отопительного оборудования.

Основной задачей станции является измерение коэффициента теплопередачи, важнейшего параметра качества теплоизоляции кузова. Поскольку, как показывает практика, изотермические фургоны по значениям величины коэффициента теплопередачи нередко оказываются далеко от заявленных изготовителем значений. Станция представляет собой теплоизолированную камеру из сэндвич-панелей (пенополиуретан) толщиной 80 мм и теплоизолированными распашными воротами на ее обоих концах с размером светового проема (ширина × высота) 3500×4300 мм. Толщина теплоизолятора полотна ворот должна быть не меньше толщины теплоизолятора остальных стен. Коэффициент теплопередачи камеры не превышает 0,45 Вт/м²·град. В стенах камеры имеется дополнительная теплоизолированная одностворчатая 800×2200 мм дверь и четыре форточки размером 600×600 мм с теплоизолированными дверцами каждая для обеспечения приточно-вытяжной вентиляции камеры. К форточкам, расположенным над воротами, можно подняться по лестницам. Камера собрана внутри отапливаемого помещения и прикреплена к элементам его конструкции. В камере имеется система удаления выхлопных газов от работающего двигателя автомобиля.



Рис. 1. Станция теплоизмерений

На стенках камеры расположены восемь осевых вентиляторов для перемешивания воздуха с целью обеспечения равномерности температурного поля. Имеется телега грузоподъемностью до 1000 кг для перемещения измеряемого фургона от транспортного средства, на котором он прибыл, в камеру. Камера снабжена холодильным оборудованием, обеспечивающим поддержание температуры воздуха в камере $+5...+10^{\circ}\text{C}$ при температуре окружающего воздуха $+35^{\circ}\text{C}$ с точностью $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Компрессорный блок холодильной системы находится за пределами камеры, но внутри отапливаемого помещения и накрыт защитным легкосъёмным коробом. Конденсаторный блок вынесен на внешнюю стену помещения. Испарительный блок холодильной системы установлен на потолке примерно по оси внутри измерительной камеры (рис.1). Холодильная система обеспечивает возможность охлаждения воздуха в камере с установленным в ней пустым фургоном массой до 1000 кг до температуры $+7^{\circ}\text{C}$ за время порядка 3-4 часов.

Комплектация холодильной установки:

1. Компрессор Bitzer4EES-6Y.
2. Воздухоохладитель Basetec CUBE F-098
3. Виброгасители на линию всасывания и нагнетания компрессора.
4. Пресостаты Alco для защиты компрессора по давлению.
5. Конденсатор Basetec LH 114 с вентиляторами и пресостатом.
6. Обратный клапан на газовой линии нагнетания.
7. Обратный клапан на жидкостной линии нагнетания.
8. Ресивер 14 литров.
9. Стекло смотровое.
10. Фильтры на линии всасывания и нагнетания.
11. Отделитель жидкости.
12. Щит управления.
13. Соленоидный клапан.

14. ТРВ.
15. Запорная автоматика по всему контуру.
16. Труба и фитинги медные для установки.

Холодопроизводительность холодильной установки при температуре воздуха $+7^{\circ}\text{C}$ в камере и $+30^{\circ}\text{C}$ снаружи камеры составляет 13 кВт.

Комплект измерительного и электротехнического оборудования, позволяющего выполнять теплотехнические испытания, располагается за пределами теплоизолированной камеры. Электропитание 220/380В измерительной камеры выполнено в соответствии со следующей схемой (рис. 2).

Методика измерения коэффициента теплопередачи

Определение коэффициента теплопередачи изотермического фургона производится методом «внутреннего обогрева». Для этого в фургон автомобиля помещают электрический нагреватель для нагрева воздуха, вентиляторы – для уменьшения разброса температуры по всему объему фургона до требуемых СПС $\pm 1^{\circ}\text{C}$. При этом, в зависимости от объема фургона и специфики испытаний могут помещаться несколько нагревателей и вентиляторов. Кроме того, к внутренним и наружным стенкам прикрепляют по 12 датчиков температуры. Места расположения датчиков температуры определяется СПС.



Рис. 3. Оборудование в фургоне для измерения коэффициента теплопередачи

Перед началом измерения поочередно включают холодильную систему, вентиляторы в измерительной камере, нагреватель в измеряемом фургоне, вентиляторы в фургоне и измерительную аппаратуру.

Датчик температуры холодильной системы выставляется на температуру $+7^{\circ}\text{C}$. Именно эта температура воздуха в измерительной камере будет автоматически поддерживаться блоком управления холодильной системой.

Температура воздуха в фургоне будет постепенно возрастать до тех пор, пока мощность нагревателя не сравняется с величиной утечкой тепла за счет теплопередачи через стенки фургона. Когда это произойдет, температура в фургоне перестанет возрастать. Наступает тепловое равновесие. Разница температур внутри и снаружи автомобильного

фургона будет максимально возможной для данного фургона при заданной мощности обогревателя. Чем выше разность температур, тем выше теплоизолирующие свойства измеряемого фургона, а, соответственно, ниже коэффициент теплопередачи. Длительность процесса измерения определяется временем достижения теплового равновесия и достигает 24 часов.

Общий коэффициент теплопередачи (коэффициент K), характеризующий изотермические свойства транспортных средств, определяется с помощью формулы:

$$K = \frac{W}{S \cdot \Delta T},$$

где W , Вт – средняя за последние 6 часов измерения мощность нагревателя (совместно с вентиляторами) в фургоне, средняя поверхность которого равна S , м², необходимый для поддержания при постоянном режиме разности ΔT между средней внутренней температурой T_i и средней наружной температурой T_e , когда средняя наружная температура T_e является постоянной и равной +7°C. Физический смысл коэффициента теплопередачи – величина теплового потока (1 Ватт) через 1 м² конструкции фургона при разности температур внутри и снаружи фургона 1°C.

Затем определяют, к какой категории относится транспортное средство.

1. Обычное изотермическое транспортное средство (I_N), характеризующееся коэффициентом K , не превышающим 0,70 Вт/м²·К.
2. Изотермическое транспортное средство с усиленной изоляцией (I_R), характеризующееся:
 - а) коэффициентом K , не превышающим 0,40 Вт/м²·К;
 - б) наличием стенок толщиной не менее 45 мм, если речь идет о транспортных средствах шириной более 2,50 м.

Величина теплопропускания стенок изотермического фургона сильно зависит от конструкции и технологии изготовления фургона. Фургон всегда имеет одну или несколько дверей. По периметру дверей теплоизоляция всегда ниже, чем у сплошной стенки фургона. Сниженная величина теплоизоляции наблюдается на стыках боковых стен, пола и потолка, на стыках отдельных пластин теплоизолятора внутри стен. Это практически наблюдается с помощью тепловизора (рис. 3) [4].

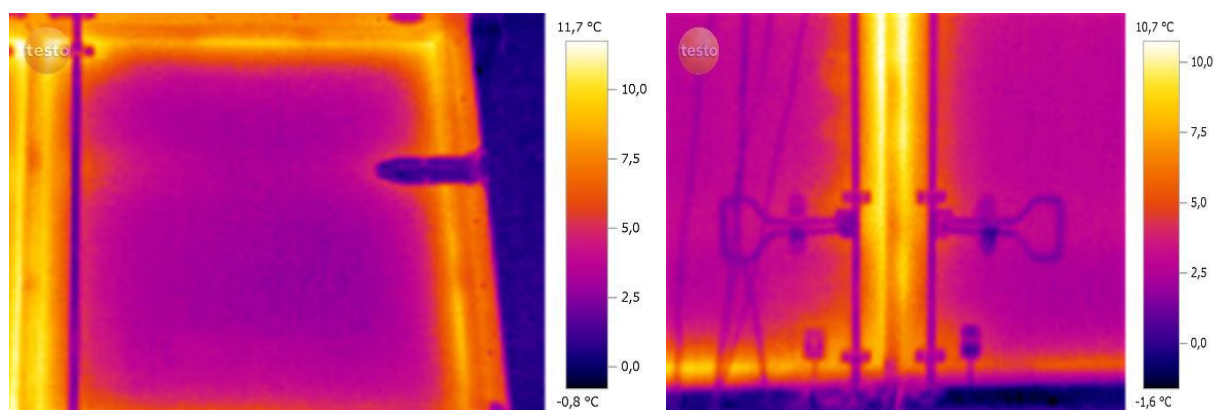


Рис. 3. Места утечек тепла, наблюдаемые с помощью тепловизора

На фотографиях распашная дверь нового каркасного фургона с пенопластом толщиной 60 мм в качестве теплоизолятора. Внутри фургона в момент съемки было около +30°C, снаружи +3°C.

В результате испытаний, коэффициент теплопередачи фургона составил 1,23 Вт/м²·К, что является недопустимым по «СПС».

Выявлена значительная утечка тепла по периметру дверей. Многочисленные тепловые мосты имеются и на других стенках фургона. Всё это привело к совершенно

неприемлемому значению коэффициента теплопередачи. Фургон, заявленный изготовителем как изотермический, таковым не является. Коэффициент изотермического фургона должен быть не больше $0,7 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$.

Испытательная лаборатория «Институт сертификации автототехники» (ИЛ «ИНСАТ») в целях процедуры сертификации автомобилей производит испытания транспортных средств на требования «СПС». Результаты испытаний заносят в протоколы, на основании которых владелец транспортного средства получит сертификат о соответствии требованиям. В данном случае был испытан фургон, отличный от испытываемого ранее с помощью тепловизора. Ниже приведены фрагменты протокола испытаний.

Таблица 1. Размеры фургона

А – Длина внешняя, мм	7200	а – Длина внутренняя, мм	7100
В – Ширина внешняя, мм	2600	б – Ширина внутренняя, мм	2480
С – Высота внешняя, мм	2500	с – Высота внутренняя, мм	2300

Режимы испытаний:

- поддерживаемая температура в измерительной камере 7°C ;
- средняя стабилизированная мощность внутреннего обогревателя 1350 Вт.

Расчет средней площади натекания измеряемого фургона

Площадь фургона внешняя $S_e = 2 \cdot (A \cdot B + A \cdot C + B \cdot C) = 86,44 \text{ м}^2$.

Площадь фургона внутренняя $S_i = 2 \cdot (a \cdot b + a \cdot c + b \cdot c) = 79,28 \text{ м}^2$, где: А,В,С, а,б,с – внешние и внутренние размеры измеряемого фургона.

Площадь средняя $S = \sqrt{S_i \cdot S_e} = 82,78 \text{ м}^2$.

Расчет коэффициента теплопередачи производится по формуле

$$K = \frac{W}{S \cdot \Delta T},$$

где $W = 1350 \text{ Вт}$ – средняя мощность, выделяемая при работе внутреннего обогревателя и вентиляторов (табл. 1); $S = 82,78$ – средняя площадь, м^2 ; $\Delta = T_i - T_e = 31,60 - 7,04 = 24,56 \text{ }^\circ\text{C}$,

$T_i = 31,60$ – средняя температура внутри фургона, $^\circ\text{C}$, определяемая как среднее арифметическое температур, измеряемых на расстоянии 100 мм от стенок в 12 точках за последние 6 часов измерения (табл. 1); $T_e = 7,04$ – средняя температура в измерительной камере, $^\circ\text{C}$, определяемая как среднее арифметическое температур, измеряемых на расстоянии 100 мм от стенок в 12 точках за последние 6 часов измерения (табл. 2).

Окончательно

$$K = 1350 / (82,78 \cdot 24,56) = 0,664 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}.$$

Округляя полученное значение до двух знаков после запятой, получаем: $K = 0,66 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$. Таким образом, данный автомобиль является транспортным средством с обычной изоляцией.

Таблица 2. Результаты испытаний

Температура воздуха в измеряемом фургоне в каждом из 12 измерительных каналов													Средняя температура по 12 каналам, °С	Разброс температуры, °С	Мощность нагревателя, Вт
Время	Номера измерительных каналов														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
0ч 00 м	31,37	31,64	31,61	31,82	31,41	31,34	31,33	31,49	31,57	31,34	31,91	31,60		0,58	1350
0ч 15 м	31,33	31,56	31,33	31,56	31,85	31,90	31,40	31,68	31,82	31,91	31,88	31,80		0,59	1350
0ч 30 м	31,37	31,76	31,38	31,45	31,59	31,34	31,65	31,49	31,50	31,84	31,71	31,80		0,50	1350
0ч 45 м	31,81	31,57	31,76	31,91	31,59	31,45	31,55	31,80	31,75	31,67	31,32	31,85		0,59	1350
1ч 00 м	31,77	31,65	31,55	31,91	31,37	31,60	31,51	31,66	31,63	31,84	31,84	31,32		0,60	1350
1ч 15 м	31,88	31,66	31,34	31,58	31,64	31,83	31,60	31,57	31,53	31,68	31,46	31,63		0,54	1350
1ч 30 м	31,73	31,35	31,89	31,46	31,89	31,65	31,64	31,41	31,80	31,55	31,64	31,55		0,54	1350
1ч 45 м	31,48	31,57	31,69	31,45	31,72	31,81	31,76	31,32	31,84	31,89	31,86	31,76		0,57	1350
2ч 00 м	31,34	31,71	31,31	31,75	31,57	31,74	31,88	31,41	31,60	31,48	31,74	31,83		0,57	1350
2ч 15 м	31,69	31,58	31,49	31,32	31,85	31,32	31,51	31,49	31,71	31,55	31,42	31,44		0,53	1350
2ч 30 м	31,91	31,57	31,32	31,72	31,71	31,44	31,79	31,79	31,58	31,65	31,33	31,33		0,59	1350
2ч 45 м	31,69	31,66	31,77	31,77	31,79	31,73	31,60	31,39	31,66	31,51	31,86	31,41		0,47	1350
3ч 00 м	31,54	31,77	31,41	31,72	31,44	31,42	31,39	31,86	31,81	31,50	31,42	31,82		0,47	1350
3ч 15 м	31,30	31,83	31,30	31,83	31,44	31,86	31,68	31,30	31,91	31,63	31,43	31,39		0,62	1350
3ч 30 м	31,47	31,58	31,65	31,43	31,65	31,72	31,81	31,72	31,31	31,87	31,68	31,63		0,56	1350
3ч 45 м	31,74	31,56	31,87	31,75	31,49	31,35	31,58	31,63	31,40	31,52	31,41	31,79		0,52	1350
4ч 00 м	31,91	31,42	31,44	31,45	31,32	31,87	31,30	31,37	31,43	31,90	31,32	31,84		0,60	1350
4ч 15 м	31,75	31,84	31,65	31,69	31,58	31,76	31,45	31,66	31,76	31,55	31,66	31,61		0,38	1350
4ч 30 м	31,80	31,30	31,68	31,30	31,30	31,51	31,55	31,30	31,54	31,56	31,87	31,74		0,57	1350
4ч 45 м	31,39	31,80	31,71	31,81	31,53	31,33	31,58	31,64	31,40	31,41	31,57	31,52		0,48	1350
5ч 00 м	31,56	31,79	31,81	31,34	31,31	31,74	31,35	31,78	31,32	31,32	31,78	31,31		0,50	1350
5ч 15 м	31,88	31,44	31,76	31,56	31,57	31,41	31,56	31,65	31,65	31,30	31,44	31,87		0,58	1350
5ч 30 м	31,92	31,49	31,85	31,32	31,59	31,58	31,63	31,38	31,55	31,47	31,61	31,70		0,60	1350
5ч 45 м	31,46	31,33	31,71	31,87	31,66	31,83	31,59	31,72	31,34	31,61	31,82	31,58		0,54	1350
6ч 00 м	31,85	31,35	31,64	31,48	31,55	31,80	31,75	31,80	31,49	31,73	31,70	31,50		0,50	1350
Средняя температура в фургоне $T_f = 31,60^{\circ}\text{C}$													Средняя мощность нагревателя $W_f = 1350 \text{ Вт}$		

Таблица 3. Результаты испытаний

Температура воздуха измерительной камере в каждом из 12 измерительных каналов														Средняя температура по 12 каналам, °С	Разброс температур, °С
Время	Номера измерительных каналов														
	1с	2с	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12	12	
0ч-00м	7.41	6.87	6.74	6.99	7.03	6.75	7.14	6.84	6.76	7.13	7.18	6.86	6.97	0.67	
0ч-15м	7.09	7.03	6.98	7.41	7.41	6.81	7.37	7.05	7.40	6.85	6.73	6.76	7.08	0.68	
0ч-30м	7.12	7.23	6.75	7.14	7.12	7.08	6.73	6.89	6.96	7.20	7.27	6.81	7.03	0.53	
0ч-45м	7.13	6.77	6.69	6.69	7.39	7.22	7.25	6.78	7.28	7.31	6.94	7.19	7.05	0.70	
1ч-00м	7.17	7.34	7.28	6.95	7.15	7.31	7.36	7.23	7.09	7.25	7.24	6.81	7.19	0.55	
1ч-15м	7.12	6.77	6.84	6.79	7.36	6.87	7.03	7.00	7.42	7.17	7.05	7.39	7.07	0.64	
1ч-30м	6.70	7.20	6.75	7.13	7.09	7.28	6.99	6.81	7.16	7.28	6.93	7.05	7.03	0.58	
1ч-45м	7.16	7.22	6.73	7.30	6.74	6.85	7.13	7.10	7.01	6.72	6.79	7.00	6.98	0.58	
2ч-00м	7.06	6.75	7.04	6.74	7.05	6.69	6.87	7.16	6.90	6.97	7.30	6.91	6.95	0.61	
2ч-15м	7.22	7.15	7.22	7.12	6.68	7.00	7.12	7.14	6.92	6.79	7.09	7.20	7.05	0.54	
2ч-30м	6.78	7.24	7.03	7.14	7.09	6.75	6.79	6.87	7.15	6.78	7.39	7.22	7.02	0.63	
2ч-45м	7.08	7.03	6.97	7.35	7.04	6.88	6.89	7.14	7.02	7.35	6.72	6.92	7.03	0.64	
3ч-00м	7.26	7.17	6.84	6.72	7.12	7.31	6.72	7.17	7.39	7.06	7.17	6.83	7.06	0.67	
3ч-15м	7.25	7.34	6.81	7.02	7.34	7.21	6.75	7.36	7.31	6.71	6.74	7.24	7.09	0.65	
3ч-30м	6.80	7.30	6.97	7.19	6.93	7.12	6.71	6.70	6.79	7.17	6.86	7.23	6.98	0.60	
3ч-45м	7.31	7.38	7.40	7.23	7.09	6.99	7.25	6.86	6.71	6.98	7.05	7.05	7.11	0.65	
4ч-00м	7.11	6.99	6.99	6.80	6.86	7.10	7.14	7.25	7.38	7.02	7.16	6.74	7.04	0.64	
4ч-15м	6.97	7.22	7.28	7.25	7.03	6.73	6.83	6.83	7.23	7.03	6.93	7.26	7.05	0.55	
4ч-30м	6.90	7.18	6.81	6.99	7.08	6.84	7.39	6.93	7.25	7.09	7.32	7.11	7.07	0.58	
4ч-45м	6.88	6.95	6.78	7.02	6.76	7.09	6.92	6.92	6.96	6.90	7.23	6.81	6.93	0.47	
5ч-00м	6.93	7.37	7.34	7.26	7.40	7.29	6.77	7.13	6.89	6.71	7.04	7.39	7.13	0.69	
5ч-15м	6.95	7.22	7.00	7.07	7.11	6.69	7.17	6.84	7.33	7.23	7.15	7.02	7.06	0.64	
5ч-30м	7.27	6.76	7.17	7.14	7.41	7.18	6.91	6.98	6.96	7.17	6.83	6.69	7.04	0.72	
5ч-45м	6.82	6.88	6.82	6.98	7.11	6.90	6.79	7.23	6.93	6.78	6.80	7.36	6.95	0.58	
6ч-00м	7.25	6.96	7.15	7.18	6.81	7.30	6.93	7.35	6.79	7.29	6.69	7.14	7.07	0.67	

Средняя температура в измерительной камере: $T_c = 7,04^{\circ}\text{C}$

Выводы

Изложенная методика позволяет определять величину коэффициента теплопередачи изотермического фургона, а соответственно – качество теплоизоляции фургона.

Разработанное оборудование отличается от других станций более экономичным потреблением электроэнергии на проведение каждого испытания.

Поэтому важным является исследование влияния конструкции станции теплоизмерений и методики проведения испытаний на потребление электроэнергии при проведении проверки теплоизолирующих свойств фургонов.

Библиографический список

1. Технический регламент «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011). Постановление правительства Российской Федерации №877 от 09.12.2011г. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.tehexpert.org/images/doc/legts877.pdf> (Дата обращения: 26.09.2017)
2. Соглашение о международных перевозках скоропортящихся пищевых продуктов и о специальных транспортных средствах, предназначенных для этих перевозок (СПС). 1 сентября 1970 г., г. Женева, с изменениями по состоянию на 23 сентября 2013 г. // [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.unesco.org/fileadmin> (Дата обращения: 26.09.2017)
3. Испытательная станция НГТУ им. Р.Е. Алексеева [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://diman-nn.umi.ru/> (Дата обращения: 26.09.2017)
4. Мельников, В.А. Комплекс по оценке изотермических свойств фургонов и полезной холодопроизводительности транспортных холодильных систем [Текст] / А.А. Мустафьев, Б.А. Оболенский, А.С. Вашурин, А.М. Грошев, Г.А. Конилова, А.В. Тумасов // Журнал автомобильных инженеров. 2011. № 1(66). С. 30-32.