СТАНДАРТ СИСТЕМЫ СЕРТИФИКАЦИИ
НА ФЕДЕРАЛЬНОМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

ЛОКОМОТИВЫ, МОТОРВАГОННЫЙ И СПЕЦИАЛЬНЫЙ ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

КАБИНЫ, САЛОНЫ, СЛУЖЕБНЫЕ И БЫТОВЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ

МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЙ
по показателям систем обеспечения микроклимата

Москва

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН ФГУП Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожной гигиены (ВНИИЖГ) Департамента здравоохранения МПС России

ИСПОЛНИТЕЛИ:
от ВНИИЖГ: О.В.Галкина, Л.Г.Кузина, к.т.н. ; Н.Г. Лосавио, к.т.н.; Е.В.Тимошенкова, Б.И. Школьников, к.м.н.

ВНЕСЕН Центральным органом Системы сертификации на федеральном железнодорожном транспорте - Департаментом технической политики МПС России

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Указанием МПС России от "25" июня 2003 г. №Р-634у

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения МПС России

Содержание

1 Общие положения 4
1 Область применения 4
2 Нормативные ссылки 4
3 Определения 5
4 Объекты испытаний 5
5 Оформление результатов испытаний 6
6 Требования безопасности 6
7 Требования к квалификации испытателя 6
II Методика испытаний
по показателю " коэффициент теплопередачи ограждений помещений " 7
III Методика испытаний
по показателю "коэффициент герметичности помещения " 23
IV Методика испытаний
по показателю " эффективность системы подогрева помещений» 30
V Методика испытаний
по показателю " эффективность системы охлаждения помещений" 43
VI Методика испытаний
по показателю " подпор (избыточное давление) воздуха в помещениях " 51
VII Методика испытаний
по показателю " количество наружного воздуха, подаваемое в помещение " 52
ПРИЛОЖЕНИЕ А Образец протокола испытаний 54
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Библиография 56
ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ 57

СТАНДАРТ СИСТЕМЫ СЕРТИФИКАЦИИ НА ФЕДЕРАЛЬНОМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

ЛОКОМОТИВЫ, МОТОРВАГОННЫЙ И СПЕЦИАЛЬНЫЙ ПОДВИЖНОЙ СОСТАВ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

КАБИНЫ, САЛОНЫ, СЛУЖЕБНЫЕ И БЫТОВЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ

МЕТОДИКИ ИСПЫТАНИЙ
по показателям систем обеспечения микроклимата

Дата введения 2003-06-27

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1 Область применения

Методики испытаний по показателям систем обеспечения микроклимата распространяются на испытания кабин, салонов, служебных помещений (далее помещений) локомотивов, моторвагонного подвижного состава, рельсового автобуса (МВПС) и специального подвижного состава железнодорожного транспорта (СПС).

Настоящие методики используются при сертификационных испытаниях.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 12.3.018-79 ССБТ. Системы вентиляционные. Методы аэродинамических испытаний

ГОСТ 12.0.004-90 ССБТ. Организация обучения безопасности труда. Общие положения.

ГОСТ 7502-98 Рулетки измерительные металлические. Технические условия.

ГОСТ 12.2.056-81 ССБТ. Электровозы и тепловозы колеи 1520 мм. Общие требования.

ГОСТ 1770-74 Посуда мерная лабораторная стеклянная. Цилиндры, мензурки, колбы. Пробирки. Общие технические условия.

3 Определения

В настоящей методике использованы следующие термины и определения:

3.1 ***Эффективность системы подогрева воздуха помещений*** – способность системы обеспечить перепад температур между минимальной заданной температурой воздуха в помещении и отрицательной температурой наружного воздуха, заданной Техническими условиями (ТУ).

3.2 ***Эффективность системы охлаждения воздуха помещений*** – способность системы обеспечить перепад температур между максимальной заданной температурой воздуха в помещении и положительной температурой наружного воздуха, заданной ТУ.

3.3 ***Средний коэффициент теплопередачи ограждений помещения*** – термин соответствует требованиям ОСЖД Р555.

3.4. Коэффициент герметичности помещения:

3.4.1 ***Температурный коэффициент герметичности*** – количество инфильтрационного воздуха, поступающего в помещение, отнесенное к единице объема помещения при перепаде температур внутри и снаружи в 1°С (К) при скорости движения объекта 0 км/час (на стоянке).

3.4.2 ***Скоростной коэффициент герметичности*** – количество инфильтрационного воздуха, поступающего в помещение под действием скоростного напора, отнесенное к единице объема помещения при скорости движения 1 км/час при постоянном перепаде температур.

3.5 ***Производительность принудительной вентиляции*** – термин соответствует ГОСТ 12.3.018.

4 Объект испытаний

4.1 Объектом испытаний являются локомотивы, МВПС и СПС.

4.2 Испытаниям подвергают объект, на который должен быть представлен акт о его готовности к испытаниям.

4.3 Система обеспечения микроклимата должна быть в исправном состоянии, что подтверждается актом завода - изготовителя о готовности объекта к испытаниям.

4.4 Испытуемый объект должен быть изготовлен в полном соответствии с Техническими условиями, утвержденными рабочими чертежами и технологией, принят ОТК предприятия-изготовителя и инспекцией МПС России (при ее наличии на предприятии).

4.5 Отбор объекта на испытания производят в соответствии с установленным в Системе сертификации на федеральном железнодорожном транспорте (ССФЖТ) порядком.

4.6 Испытаниям подвергают все помещения (кабины, салоны, служебные и бытовые помещения) в составе локомотивов, МВПС и СПС.

5. Оформление результатов испытаний

Результаты испытаний оформляют в виде первичных протоколов (Приложение А).

6. Требования безопасности

6.1. За безопасность испытателей несет ответственность руководитель испытаний.

6.2. Участники испытаний до их начала проходят инструктаж по технике безопасности в соответствии с ГОСТ 12.0.004.

6.3. На путях федерального железнодорожного транспорта выполняют требования Правил ЦРБ/162 /1/, ЦТ 4770 "Правила по технике безопасности и производственной санитарии при эксплуатации электровозов, тепловозов и моторвагонного подвижного состава"/2/, Инструкциями и указаниями Министерства путей сообщения РФ, определяющими порядок работы и безопасность на железнодорожном транспорте.

7. Требования к квалификации испытателей

К проведению измерений допускают испытателей со средним или высшим техническим образованием и стажем работы в данной области не менее одного года.

II МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ
по показателю "коэффициент теплопередачи ограждений помещений (средний)"

2.1 Показатели оценочные

Средний коэффициент теплопередачи ограждений, К, Вт/м^{2}К

2.2 Условия проведения испытаний

2.2.1 Испытания проводят на стоянке в цехе (закрытом помещении).

Температуру воздуха в цехе поддерживают постоянной с точностью ±2°С.

2.2.2 Все вентиляционные отверстия, окна, двери испытываемого помещения должны быть закрыты.

2.2.3 В испытываемом помещении могут находиться испытатели (в кабине не более 2 человек).

2.3 Измеряемые показатели

2.3.1 Мощность электрообогревателей, кВт.

2.3.2 Температура воздуха, °С:

- в испытываемом помещении (при объеме до 12 м^3 - в 9 точках, при объеме более 12 м^3 - в 18 точках, равномерно распределенных по объему помещения) (рис.2-1 и рис.2-2);
- в цехе с двух сторон от объекта на уровне 1,5 м от пола.

2.3.3 Площадь ограждения (внутренняя и наружная), м^2.

2.4 Средства и погрешности измерения

Измерение температуры воздуха производят термоизмерительной аппаратурой с погрешностью не более 0,2°С.

Измерение мощности электрообогревателей производят ваттметром или другой аппаратурой класса не более 1,5.

Линейные размеры измеряют рулеткой Р20 УЗК, ГОСТ 7502, с точностью не менее 0,001 м.

Средства измерения должны быть поверены в установленном порядке и иметь действующие свидетельства о поверке.

2.5 Порядок проведения испытаний

2.5.1 Испытываемый объект устанавливают в цехе (закрытом помещении) и прогревают до температуры воздуха в цехе.

2.5.2 В помещении объекта устанавливают электрообогреватели мощностью 0,8-1,0 кВт в расчете на каждые 10 м^3 помещения.

2.5.3 Внутри помещения равномерно размещают в 9-18 точках термодатчики измерительной аппаратуры по схеме (рис.2-1 и рис.2-2).

2.5.4 Подключают измерительную аппаратуру для измерения мощности, потребляемой электрообогревателями, и для измерения температур наружного (в цехе) и внутреннего (в помещении) воздуха.

2.5.5 Процесс испытания делят на два периода - период предварительного прогрева помещения и период непосредственного проведения измерений при достижении стационарного температурного режима.

2.5.6 Продолжительность прогрева помещения должна составлять не менее 8-12 часов. В этот период ведут запись всех температур с целью определения момента выхода на стационарный режим.

2.5.7 Когда показания термометров (термодатчиков) в течение 1-2 часов остаются постоянными (колебание не более 1,0°С), начинают снятие показаний со всех приборов.

2.5.8 Продолжительность испытаний с момента выхода на стационарный режим составляет 1-2 часа. Снятие показаний с термодатчиков, ваттметра (амперметра, вольтметра) проводят через каждые 10-15 минут.

2.5.9 При невозможности выполнения пп.2.5.5-2.5.6 настоящей методики допускают проведение испытаний по Приложению П.2-1.

2.6 Обработка результатов

2.6.1 Средний коэффициент теплопередачи ограждения К вычисляют по формуле:

$$K = \frac{Q}{\Delta t_{ср} \cdot F_{ср}}, \text{ Вт/м}^2\text{К} \quad (1)$$

где Q - тепловой поток, проходящий через ограждение помещения, Вт,

$$Q = IU, \text{ Вт} \quad (2)$$

где I, U - соответственно, ток и напряжение в цепи питания электрообогревателей, А, В;

$\Delta t_{ср}$ - средний перепад температур воздуха в испытываемом помещении относительно наружного (в депо), °С;

$$\Delta t_{ср} = t_{вн} - t_{н}, \text{ °С} \quad (3)$$

$$t_{вн} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \frac{\sum_{j=1}^{m} t_j}{m}}{n}, \text{ °С} \quad (4)$$

где j - точка замера,

t_j - температура воздуха в j-ой точке помещения,

m - количество точек измерения,

n - количество измерений по времени при установившемся температурном режиме.

$$t_н = \frac{\sum_{1}^{n} \frac{t_{н1} + t_{н2}}{2}}{n}, °C \quad (5)$$

где $t_{н1}$, $t_{н2}$ - наружная температура, измеренная в точках 1 и 2,

$F_{ср}$ - средняя площадь ограждения помещений, м^2.

$$F_{ср} = \frac{F_н + F_{вн}}{2}, м^2 \quad (6)$$

где $F_н$ - площадь наружных ограждений, м^2,

$F_{вн}$ - площадь внутренних ограждений, м^2.

Результаты измерений и расчетов заносят в таблицы 2-1, 2-2, 2-3.

2.6.2 Погрешность испытаний

Точность полученного путем вычислений среднего коэффициента теплопередачи ограждений помещения К выражается интервалом, в котором с вероятностью 0,95 находится искомый результат, т.е.

$$P = (\bar{K} - \Delta K < K < \bar{K} + \Delta K) = 0{,}95, \quad (7)$$

где P - надежность получения результата, P= 95% (0,95);

$\bar{K}$ - средний коэффициент теплопередачи ограждений помещения из "n" измерений:

$$\bar{K} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} k_i, \quad (8)$$

где n- количество повременных измерений, идущих в зачет;

$к_i$ - результат вычисления коэффициента теплопередачи в каждый момент времени;

ΔK - доверительный интервал:

$$\Delta K = \frac{S_K}{\sqrt{n}} t_{\alpha,n-1} \quad (9)$$

где S_K - среднеквадратическое отклонение результата вычисления коэффициента теплопередачи ограждений помещения:

$$S_K = \frac{\bar{Q}}{\Delta t \bullet \bar{F}} \bullet \sqrt{\frac{S_{\Delta t}^2}{\Delta t^2} + \frac{S_F^2}{\bar{F}} + \frac{S_Q^2}{\bar{Q}}} \quad (10)$$

$S_{\Delta t}$ - суммарное среднеквадратическое отклонение результата измерения перепада температур воздуха в помещении относительно наружного;

$$S_{\Delta t} = \sqrt{(S'_{\Delta t})^2 + (S_{\Delta t}'')^2}, \quad (11)$$

где $S'_{\Delta t}$ - систематическая погрешность прибора по измерению температуры;

$S''_{\Delta t}$ - случайная погрешность измерения

$$\bar{\Delta t} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \Delta t_i \quad (12)$$

S_F - суммарное среднеквадратическое отклонение результата измерений средней площади ограждения помещения:

$$S_F = \sqrt{(\Delta C)^2 \bullet m}, \quad (13)$$

где ΔC - погрешность одного линейного измерения;

m - количество линейных измерений;

S_Q - суммарное среднеквадратическое отклонение результата измерения мощности электрообогревателя, установленного в помещении

$$S_Q = \sqrt{(S'_Q)^2 + (S''_Q)^2}, \quad (14)$$

где S'_Q - систематическая погрешность измерительного прибора

$$S'_Q = \frac{Q_{вп} \bullet K_л}{Q_i}, \quad (15)$$

где $Q_{вп}$ - верхний предел измерения прибора;

$K_л$ - класс точности измерительного прибора;

Qi- результат повременного измерения

$$S''_Q = \sqrt{\frac{1}{n-1}(Q_i - \overline{Q})^2} \quad (16)$$

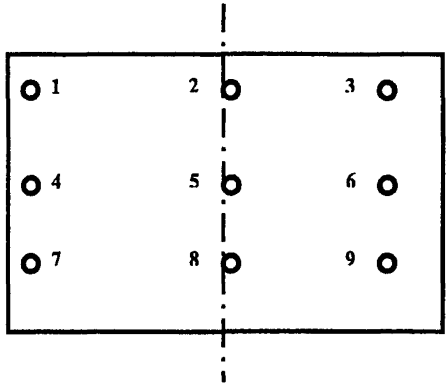
$$\overline{Q} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} Q_i \quad (17)$$

$t_{\alpha,n-1}$ - коэффициент Стьюдента, который зависит от объема выборки (n) и доверительной вероятности ($P=1-\alpha$).

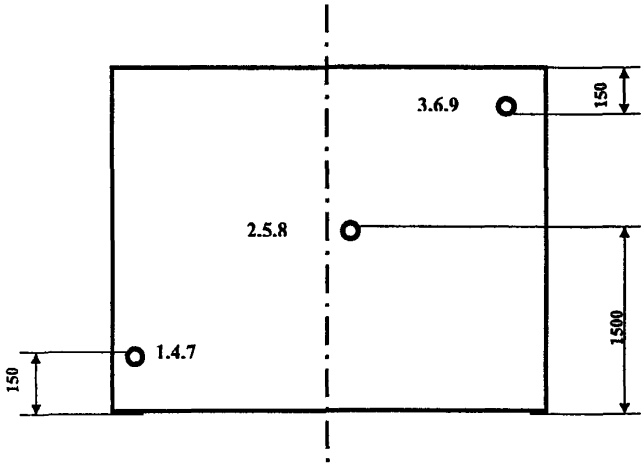
В случае, если погрешность испытаний превышает приписанную методике испытаний 0,05 Вт/м^2•К, испытания проводят повторно.

2.7 Оценка полученных результатов

Средний коэффициент теплопередачи ограждений помещения оценивают удовлетворительно, если он меньше или равен нормативному значению. В противном случае его оценивают неудовлетворительно.

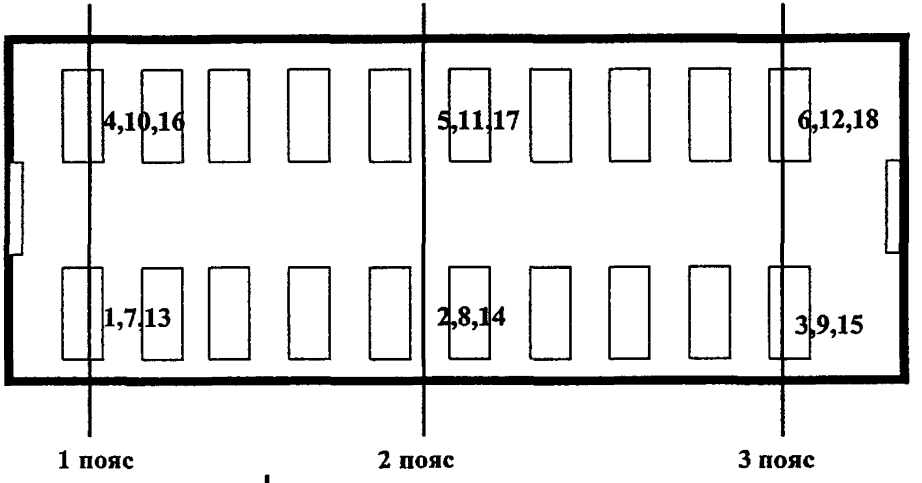


Вид сверху

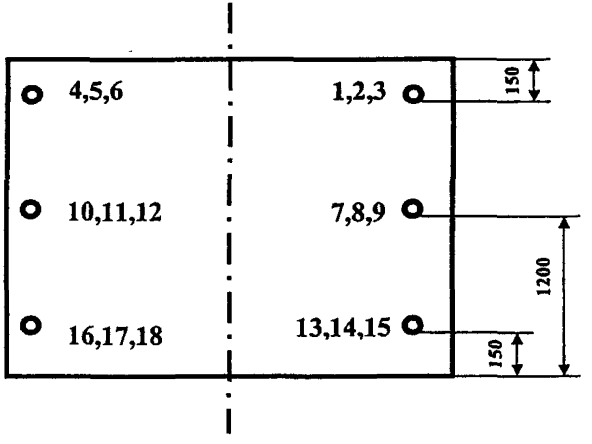


Вид сбоку

Рис. 2-1. Места установки датчиков температуры воздуха в помещениях площадью до 12 м^2.



Вид сверху



Вид сбоку

Рис. 2-2. Места установки датчиков температуры воздуха в помещениях площадью более 12 м^2

Таблица 2-1

Результаты определения среднего коэффициента теплопередачи ограждений помещения площадью до 12м^3

Время измерения	Наружная температура,tн °С	Температура воздуха в помещении, $t_{вн}$, °С										Перепад температур, $t_{вн}$-$t_н$ °С	Площадь ограждения помещения, F, м^2		Потребляемая мощность электрообогревателя, Q, Вт	Средний коэффициент теплопередачи ограждений помещения, К, Вт/м^{2}К, в расчете на площадь	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	сред		сред	внутр.		сред	внутр.

Таблица 2-2

Результаты измерения температуры воздуха в помещении площадью более 12м^3

Наружная температура, °С	Температура воздуха в помещении, °С								
	справа								
	I пояс			II пояс			III пояс		
	тем-ра 2200 мм	тем-ра 1200 мм	тем-ра 150 мм	тем-ра 2200 мм	тем-ра 1200 мм	тем-ра 150 мм	тем-ра 2200 мм	тем-ра 1200 мм	тем-ра 150 мм

Наружная температура, °С	слева								
	I пояс			II пояс			III пояс		
	тем-ра 2200 мм	тем-ра 1200 мм	тем-ра 150 мм	тем-ра 2200 мм	тем-ра 1200 мм	тем-ра 150 мм	тем-ра 2200 мм	тем-ра 1200 мм	тем-ра 150 мм

Таблица 2-3

Результаты определения среднего коэффициента теплопередачи ограждений помещения площадью более 12м^3

Перепад температур, $\Delta t_{ср}$, ^{0}C	Площадь ограждения помещения, F, м^2		Потребляемая мощность отопителя, Q, Вт	Средний коэффициент теплопередачи ограждений помещения, К, Вт/м^{2}К, в расчете на площадь	
	средняя	внутренняя		среднюю	внутреннюю

ПРИЛОЖЕНИЕ П.2-1

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ

испытаний по показателю " коэффициент теплопередачи ограждения помещений (средний)" методом ускоренного измерения

1 Измерение среднего коэффициента теплопередачи ограждений помещений проводят в следующем порядке:

Включают электрообогреватели.

Закрывают окна и двери.

Снимают показания датчиков температуры и ваттметра каждые 15 мин в течение не менее 3,5 часов.

Зачетные замеры снимают через 1,5-2,0 часа после включения электрообогревателей.

2 Обработка результатов

2.1 По полученным в п.2.5 данным строят зависимость средней температуры воздуха в кабине $\bar{t}_j$ и средней температуры наружного воздуха t_o от времени τ .

$$\bar{t}_j = \frac{\sum_{j=1}^{m} tj}{m}, \quad (1)$$

где j - точка измерения температуры;

t_j - температура воздуха в j-ой точке кабины;

m - число точек измерения в кабине

$$\bar{t}_o = \frac{\sum_{j=1}^{m} tjo}{m}, \quad (2)$$

где t_{jo} - температура наружного воздуха в j-ой точке;

m - число точек измерения снаружи кабины.

На этой зависимости выбирают два одинаковых временных отрезка, принимая за начало отсчета время $\tau_н$ через 1,5-2 часа после начала эксперимента, $\Delta\tau_1 = \tau_1 - \tau_н$ и $\Delta\tau_2 = \tau_2 - \tau_н$, таким образом, чтобы

$\Delta\tau_2 = 2\Delta\tau_1$

Средний коэффициент теплопередачи определяют по формуле:

$$K = \frac{Q}{F} \cdot \frac{2\theta_1 - \theta_2 - \theta_н}{\theta_1^2 - \theta_2\theta_н}, \quad (3)$$

где $\theta_н = \bar{t}_н - \bar{t}_o$, $\theta_1 = \bar{t}_1 - \bar{t}_o$, $\theta_2 = \bar{t}_2 - \bar{t}_o$ - перепады температур воздуха внутри и снаружи кабины в начальный $\tau_н$ и моменты времени τ_1 и τ_2.

2.2 Определение ошибки измерения

Точность полученного путем вычислений среднего коэффициента теплопередачи ограждений помещения К выражается интервалом, в котором с вероятностью 0,95 находится искомый результат, т.е.

$P = (\bar{K} - \Delta K < K < \bar{K} + \Delta K) = 0,95$, (4)

где P - надежность получения результата, P= 95% (0,95);

$\bar{K}$ - средний коэффициент теплопередачи помещения из "n" измерений:

ΔК - доверительный интервал:

$$\Delta K = \frac{S_K}{\sqrt{n}} t_{\alpha,n-1} \quad (5)$$

где S_K - среднеквадратическое отклонение результата вычисления коэффициента теплопередачи ограждений помещения;

n - количество серий из трех измерений по двум временным интервалам τ_1 и τ_2;

$t_{\alpha,n-1}$ - коэффициент Стьюдента, который зависит от объема выборки (n) и доверительной вероятности (P=1-α)

$$S^2_K = \bar{K}\left[\frac{S^2_Q}{\bar{Q}^2} + \frac{S^2_F}{\bar{F}^2} + \frac{S^2_a}{\bar{a}^2} + \frac{S^2_b}{\bar{b}^2}\right], \quad (6)$$

где S_Q - суммарное среднеквадратическое отклонение результата вычисления мощности электрообогревателя.

$$S^2_Q = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(Q - \bar{Q}\right)^2, \quad (7)$$

где Q - средний результат в одной серии измерений;

$\bar{Q}$ - средний результат из n серий;

S_F - среднеквадратическое отклонение результата вычисления средней площади помещения;

$S_F^2 = \Delta l^2 \bullet m$, (8)

где Δl - ошибка линейного измерения;

m - количество линейных измерений;

Sa - среднеквадратическое отклонение выражения "а" из n серий измерений

$$S_a^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(a - \bar{a}\right)^2, \quad (9)$$

где $a = 2\theta_1 - \theta_2 - \theta_H$ в одной серии измерений;

$\bar{a}$ - средний результат из n серий измерений

Sв - среднеквадратическое отклонение "в" из n серий измерений

$$S_в^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(в - \bar{в}\right)^2, \quad (10)$$

где $в = \theta^2_1 - \theta_2\,\theta_H$ (11)

$\bar{в}$ - средний результат из n серий измерений

ПРИЛОЖЕНИЕ П.2-2

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ

полного среднего коэффициента теплопередачи ограждения помещения для условий эксплуатации, заданных по ТУ

1 Показатели оценочные

Оценочным показателем является полный средний коэффициент теплопередачи ограждений помещений, определяемый для условий эксплуатации, заданных по ТУ - максимальной отрицательной температуре наружного воздуха и конструкционной скорости движения испытуемого объекта.

2 Обработка результатов измерений

2.1 Полный средний коэффициент теплопередачи ограждений помещений

Полный средний коэффициент теплопередачи ограждений помещений ($К_{полн}$) для условий эксплуатации, заданных в ТУ, определяют по формуле:

$$К_{полн} = К^{ТУ}_{ог\,р} + \Delta К^{ТУ}_{инф}, \text{ Вт/м}^2\text{К}, (1)$$

где $К^{ТУ}_{огр}$ - средний коэффициент теплопередачи ограждений помещения для условий эксплуатации, заданных по ТУ;

$\Delta К^{ТУ}_{инф}$ - добавка к среднему коэффициенту теплопередачи за счет инфильтрации воздуха через неплотности ограждений помещения для условий эксплуатации, заданных по ТУ;

Средний коэффициент теплопередачи ограждений помещения для условий эксплуатации, заданных по ТУ определяется по формуле:

$$К^{ТУ}_{огр} = \frac{1}{\frac{1}{К_{огр}} - \frac{1}{\alpha_{нс}} + \frac{1}{\alpha_{нд}}}, \text{ Вт/м}^2\text{К}, (2)$$

где $К_{огр}$ - средний коэффициент теплопередачи ограждений помещения в условиях стоянки;

$\alpha_{нс}$ и $\alpha_{нд}$ - коэффициенты теплоотдачи на наружных поверхностях ограждений помещения соответственно в условиях стоянки и движения.

Коэффициенты теплоотдачи $\alpha_{нс}$ и $\alpha_{нд}$ определяют расчетным путем по формуле

$$\alpha_Н = 9 + 3{,}5 \bullet w^{0{,}66}, \text{ Вт/м}^2\text{К} (3)$$

где w - конструкционная скорость движения объекта измерений, заданная по ТУ, км/ч.

Средний коэффициент теплопередачи ограждений помещений в условиях стоянки находится по формуле:

$$К_{огр} = К - \Delta К_{инф}, \text{ Вт/м}^2\text{К} (4)$$

где К - средний коэффициент теплопередачи ограждений помещений, значение которого определяется по разделу II СТ ССФЖТ ЦТ-ЦП129-2002;

$\Delta K_{инф}$ - добавка к коэффициенту теплопередачи за счет инфильтрации воздуха через неплотности ограждений помещения при действии температурного напора, рассчитанная для температурно-разностных условий при определении "К".

$\Delta K_{инф}$ определяется по формуле:

$$\Delta K_{инф} = \frac{C_p \bullet \bar{\rho} \bullet V_в}{3600 \bullet F_{вн}} \bullet H\Delta t \bullet \Delta \bar{t}, \text{ Вт/м}^2\text{К} \qquad (5)$$

где C_p - теплоемкость воздуха в помещении(C_p= 1005 Дж/кг);

$\bar{\rho}$ - плотность воздуха в помещении в среднем за расчетный период при определении "К", кг/м^3;

$V_в$ - объем помещения по внутреннему измерению, м^3;

$F_{вн}$ - общая площадь внутренних ограждений помещения, м^2;

$H\Delta t$ - температурный коэффициент герметичности помещения, 1/ч.град;

$\Delta \bar{t}$ - средний за расчетный период перепад температур между воздухом в помещении и снаружи при определении "К", °С.

Добавка к среднему коэффициенту теплопередачи за счет инфильтрации воздуха через неплотности ограждений помещения в условиях эксплуатации, заданных по ТУ, определяется по формуле:

$$\Delta K_{инф} = \frac{C_p \bullet \rho \bullet V_в}{3600 \bullet F_в} \bullet H\Delta t \bullet \Delta t + H_V \bullet V, \text{ Вт/м}^2\text{К} \quad (6)$$

где Δt - разность между значением нормируемой температуры воздуха в помещении и максимальной отрицательной температурой наружного воздуха, заданной по ТУ, °С;

ρ - плотность воздуха в помещении при среднем значении нормируемой температуры, (ρ=1,2 кг/м^3);

H_V - скоростной коэффициент герметичности помещения, 1/(ч•км/ч).

2.2 Определение полного среднего коэффициента теплопередачи ограждений помещения ($K_{полн}$)

Определяют значение среднего коэффициента теплопередачи ограждений (К) по разделу II СТ ССФЖТ ЦТ-ЦП129-2002 и температурный и скоростной коэффициенты герметичности $H_{\Delta t}$ и H_V по разделу III СТ ССФЖТ ЦТ-ЦП129-2002.

Полученные исходные данные для расчета $K_{полн}$ представляют в виде таблицы 2-4. Далее производят расчет $K_{полн}$. Вначале по формулам (5) и (6) определяют значения $\Delta K_{инф}$ и $\Delta K^{ТУ}_{инф}$. Затем по формуле (4) определяют значение $K_{огр}$. Далее по формуле (3) рассчитывают значение $\alpha_{нс}$ для условий стоянки и $\alpha_{нд}$ для конструкционной скорости движения объекта испытаний и определяют значение $K^{ТУ}_{ог}$ по формуле (2).

Затем проводят расчет полного среднего коэффициента теплопередачи ограждений помещения для условий эксплуатации, заданных по ТУ, по формуле (1). Результаты расчета заносят в таблицу 2-5.

2.3 Пример определения и оценки полного среднего коэффициента теплопередачи ограждений кабины электровоза ВЛ 85-002.

2.3.1 Условия эксплуатации, заданные в ТУ на электровоз ВЛ 85-002:

Максимальная отрицательная температура наружного воздуха минус 60 °С, конструкционная скорость электровоза 100 км/ч.

Кабина смонтирована на раме кузова электровоза. Ограждения кабины выполнены из металлических листов, плит из пенопласта, строительной фанеры, пластика декоративного, линолеума на тканевой подоснове (пол). Кабина имеет два лобовых окна и боковые раздвижные окна с форточками, а также дверь, сообщающуюся с аппаратным отделением. Общая площадь внутренних поверхностей ограждений составляет 34,5 м^2, объем кабины по внутреннему измерению 12,5 м^3.

2.3.2 Определение полного среднего коэффициента теплопередачи ограждений кабины электровоза ВЛ 85-002 для условий эксплуатации, заданных по ТУ

Исходные данные для расчета полного среднего коэффициента теплопередачи ограждений кабины электровоза ВЛ 85-002 приведены в таблице 2-6.

Руководствуясь настоящей методикой, определим значения $\Delta K_{инф}$ и $\Delta K_{инф}^{ТУ}$ соответственно по формулам (5) и (6):

$$\Delta K_{инф} = \frac{1005 \bullet 1{,}115 \bullet 12{,}5}{3600 \bullet 34{,}5} \bullet 0{,}048 \bullet 32{,}2 = 0{,}17 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

$$\Delta K_{инф}^{ТУ} = \frac{1005 \bullet 1{,}2 \bullet 12{,}5}{3600 \bullet 34{,}5} \bullet (0{,}048 \bullet 82 + 0{,}041 \bullet 100) = 0{,}96 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Далее по формуле (4) определим значение $K_{огр}$:

$K_{огр} = 1{,}87 - 0{,}17 = 1{,}7$ Вт/м^{2}К.

По формуле (3) рассчитаем значения $\alpha_{нс}$ для стоянки и $\alpha_{нд}$ для конструкционной скорости движения 100 км/ч:

$\alpha_{нс} = 9$ Вт/м^{2}К

$\alpha_{нд} = 9 + 3{,}5 \bullet 100^{0{,}66} = 82$ Вт/м^{2}К.

Затем по формуле (2) определим значение $K_{огр}^{ТУ}$:

$$K_{огр}^{ТУ} = \frac{1}{\frac{1}{1{,}7} - \frac{1}{9} + \frac{1}{82}} = 1{,}9 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

И окончательно рассчитаем $K_{полн}$ для условий эксплуатации, заданных по ТУ по формуле (1):

$K_{полн} = 1{,}9 + 0{,}96 = 2{,}86$ Вт/м^{2}К

2.3.3 Оценка полного среднего коэффициента теплопередачи ограждений помещения электровоза ВЛ 85-002.

Полный средний коэффициент теплопередачи ограждений кабины электровоза ВЛ 85-002 оценивается как неудовлетворительный, поскольку его значение 2,86 Вт/м^{2}К превышает рекомендуемое значение 2,3 Вт/м^{2}К.

4 Оценка полученных результатов

Полный средний коэффициент теплопередачи ограждений помещения $К_{полн}$ для условий эксплуатации, заданных по ТУ, считают удовлетворительным, если его значение не превышает нормативных значений.

В противном случае полный коэффициент теплопередачи ограждений помещения оценивают как неудовлетворительный.

Таблица 2-4

Исходные данные для определения полного среднего коэффициента теплопередачи ограждений помещений для условий эксплуатации, заданных по ТУ

Условия эксплуатации, заданные по ТУ		Средний за расчетный период перепад температур между воздухом внутри и снаружи помещения при определении "К", $\Delta \bar{t}$, °С	Плотность воздуха в помещении в среднем за расчетный период при определении "К", $\bar{\rho}$, кг/м^3	Средний коэффициент теплопередачи ограждений помещения, К, Вт/м^{2}К	Общая площадь внутренних ограждений помещения, $F_{вн}$,м^3	Объем помещения по внутреннему измерению $V_в$, м^3	Коэффициенты герметичности	
Максимальная отрицательная температура наружного воздуха,°С	Конструкционная скорость движения, W, км/ч						Температурный, $H\Delta t$, 1/(ч•град)	Скоростной, H_V, 1/(ч•км/ч)

Таблица 2-5

Результаты расчета полного среднего коэффициента теплопередачи ограждений помещения для условий эксплуатации, заданных ТУ

Условия эксплуатации, заданные ТУ		Коэффициент герметичности		Добавочный коэффициент, учитывающий потери тепла за счет инфильтрации воздуха через неплотности для условий эксплуатации, заданных ТУ, $Вт/м^2К$, $\Delta К^{ТУ}_{инф}$	Средний коэффициент теплопередачи ограждений помещения для условий эксплуатации, заданных ТУ, $К^{ТУ}_{огр}$, $Вт/м^2К$	Полный средний коэффициент теплопередачи ограждений помещения для условий эксплуатации, заданных ТУ, $К_{полн}$, $Вт/м^2К$
Наружная температура, °С	Конструкционная скорость движения, км/ч	Температурный, $Н_{\Delta t}$, $1/ч.град.х10^{-3}$	Скоростной $Н_{\Delta v}$, $1/ч.\ км/ч\ х\ 10^{-3}$			

Таблица 2-6

Исходные данные для определения полного среднего коэффициента теплопередачи ограждений кабины электровоза ВЛ85-002 для условий эксплуатации, заданных ТУ

Условия эксплуатации, заданные по ТУ		Средний за расчетный период перепад температур между воздухом внутри и снаружи помещения при определении "К", $\Delta \bar{t}$, °С	Плотность воздуха в помещении в среднем за расчетный период при определении "К", $\bar{\rho}$, кг/м^3	Средний коэффициент теплопередачи ограждений помещения, К, Вт/м^{2}К	Общая площадь внутренних ограждений помещения, $F_{вн}$,м^3	Объем помещения по внутреннему измерению $V_в$, м^3	Коэффициенты герметичности	
Максимальная отрицательная температура наружного воздуха,°С	Конструкционная скорость движения, W, км/ч						температурный, $H\Delta t$, 1/(ч•град)	Скоростной, H_V, 1/(ч•км/ч)
-60	100	32,2	1,115	1,87	34,5	12,5	48,0	41,0

III МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ
по показателю " коэффициент герметичности помещения"

3.1 Показатели оценочные (расчетные)

3.1.1 Температурный коэффициент герметичности

$H_{\Delta t} = f(\Delta t)$, 1/(ч·град);

3.1.2 Скоростной коэффициент герметичности

$H_V = f(V)$, 1/(ч·км/ч).

3.2 Условия проведения испытаний

Все элементы системы вентиляции помещения (форточки боковых окон, вентиляционные отверстия или проемы) должны быть закрыты.

В помещении транспортного средства может находиться три человека.

Испытания проводят в условиях:

- для локомотивов, МВПС и самоходных СПС на стоянке и при движении с конструкционной скоростью;
- для несамоходных СПС – на стоянке.

В случае невозможности проведения испытаний при конструкционной скорости допускается проводить испытания при скорости 2/3 от конструкционной.

Испытания проводят при перепаде температур в помещении относительно наружной 20÷30°С.

3.3 Измеряемые показатели

Температура воздуха, °С:

- снаружи помещения;
- в помещении не менее, чем в двух точках по объему помещения, вдали от нагревательных приборов.

Относительная влажность воздуха, %:

- снаружи помещения;
- в помещении не менее, чем в двух точках по объему помещения, вдали от нагревательных приборов.

Скорость движения транспортного средства, км/ч.

3.4 Средства и погрешности измерений

Измерение температуры воздуха производят с помощью аспирационного психрометра МВ-4М с ценой деления 0,2°С.

Расход воды в процессе испарения определяют с помощью мерной емкости 200 мл с точностью ± 5 мл по ГОСТ 1770-74.

Скорость движения транспортного средства определяют по штатному скоростемеру с точностью $\pm$5 км/ч.

Средства измерения должны быть поверены в установленном порядке и иметь действующие свидетельства о поверке.

3.5 Порядок проведения испытаний

Тепловлажностные испытания помещения проводят в следующем порядке:

3.5.1 Устанавливают скорость движения транспортного средства.

3.5.2 Включают подогреватели (на стоянке в депо автономные, на стоянке на улице или в движении штатные). Помещение нагревают до стационарного состояния.

3.5.3 Начинают испарение воды.

3.5.4 Регистрацию состояния воздуха в помещении осуществляют в отмеченных точках через каждые 5-15 минут. Продолжительность опыта принимается от 0,5 до 1 часа.

3.6 Обработка результатов измерений

3.6.1 Количество инфильтрационного воздуха, поступающего в помещение, определяют по уравнению:

$$L_{инф} = \frac{\rho V}{\Delta\tau} \ln\frac{D_н L_{инф} - G_{пост}}{D_i L_{инф} - G_{пост}}, \text{ кг/ч (1)}$$

где - ρ плотность воздуха при средней за весь период испытаний температуре воздуха в помещении, кг/м^3;

V- объем помещения по внутреннему измерению м^3;

$\Delta\tau$ - принимаемый временной отрезок влажностных испытаний , ч;

$D_н = \frac{d_н - d_o}{1000}$ - разница влагосодержаний воздуха в помещении в начальный момент времени $d_Н$. и наружного воздуха d_O, кг/кг сух.возд.;

$D_i = \frac{d_i - d_o}{1000}$ - разница влагосодержаний воздуха в помещении в фиксированный момент времени d_i и наружного воздуха d_O, кг/кг сух.возд.;

$G_{пост}$ - влагопоступление в помещение в единицу времени, кг/ч;

$G_{пост} = G_{исп} + G_{чел} \cdot n$, кг/ч (2)

где $G_{исп}$ - поступление влаги от испарителя, кг/ч;

$G_{чел}$ - поступление влаги от человека, кг/ч;

n - количество человек

$$G_{исп} = \frac{\Delta G_{исп}}{\Delta\tau}, \text{ кг/ч (3)}$$

где $\Delta G_{исп}$ - количество испарившейся влаги, кг;

$\Delta\tau$ выбранный промежуток времени, ч

Поступление влаги от человека принимается по справочным данным таблицы 3-1 в зависимости от температуры воздуха в помещении при условии спокойной работы сидя.

3.6.2 Определение погрешности измерения

Погрешность измерения количества инфильтрационного воздуха, поступающего в помещение, производится по следующей формуле:

$$\delta^2 L_{инф} = \frac{\left[\frac{G_{пост}(D_i - D_н)}{(D_н - \frac{G_{пост}}{L_{инф}}) \bullet (D_i - \frac{G_{пост}}{L_{инф}}) \bullet (D_i - D_н) \bullet l_н (1 - \frac{D_i - D_н}{Di - \frac{G_{пост}}{L_{инф}}})}\right]^2 \bullet \delta^2 G_{пост}}{1 - \left[\frac{\rho V}{\Delta\tau} \bullet \frac{\frac{G_{пост}}{L_{инф}}(Di - Dн)}{L_{инф}(Dн - \frac{G_{пост}}{L_{инф}}) \bullet (Di - \frac{G_{пост}}{L_{инф}})}\right]^2} \quad (4)$$

3.6.3 Расчет температурного $H_{\Delta t}$ и скоростного H_V коэффициентов герметичности проводят по формулам (5) и (6).

$$H_{\Delta t} = \frac{1}{\rho V_в} * \frac{L^{\Delta t}_{инф}}{\Delta t}, \ 1/(ч \cdot град); \quad (5)$$

$$H_V = \frac{1}{\rho V_в} * \frac{L^{V}_{инф}}{V}, \ 1/(ч \cdot км/ч); \quad (6)$$

где $V_В$ - объем помещения по внутреннему измерению, $м^3$;

$L^{\Delta t}_{инф}$ - количество инфильтрационного воздуха, поступающего через неплотности ограждений помещения на стоянке локомотива при перепаде температур Δt, $м^3/ч$;

$L^{V}_{инф}$ - количество инфильтрационного воздуха, поступающего через неплотности ограждений помещения за счет скоростного напора при движении испытуемого объекта со скоростью V при постоянном перепаде температур, $м^3/ч$;

ρ - плотность воздуха в помещении при температуре t (средней за период измерений на стоянке);

ρ' - плотность воздуха в помещении при температуре t' (средней за период измерений при движении).

$L^{V}_{инф}$ определяют по формуле:

$$L^{V}_{инф} = L_{инф} - L^{\Delta t'}_{инф}, \ м^3/ч \quad (7)$$

где $L_{инф}$ - количество инфильтрационного воздуха, поступающего через неплотности ограждений помещения за счет действия температурного и скоростного напоров при движении испытуемого объекта со скоростью V при постоянном перепаде температур $\Delta t'$.

$L_{инф}^{\Delta t'}$ - количество инфильтрационного воздуха, поступающего через неплотности ограждений помещения на стоянке при перепаде температур $\Delta t'$.

$L_{инф}^{\Delta t'}$ определяется по линейной зависимости $L_{инф}^{\Delta t} = f(\Delta t)$, при перепаде температур $\Delta t'$ (см. рис.3-1).

3.6.4 По результатам стояночных испытаний определяют значение $L_{инф}^{\Delta t}$ при перепаде температур Δt.

3.6.5 По результатам эксплуатационных испытаний определяют значение $L_{инф}$ при скорости движения V и перепаде температур $\Delta t'$.

3.6.6 Полученные исходные данные для расчета критериев герметичности представляют в виде таблиц 3-2 и 3-3.

3.6.7 Далее проводят определение критериев герметичности.

Вначале по результатам стояночных испытаний строят линейную зависимость $L_{инф}^{\Delta t} = f(\Delta t)$ (см. рис.3-1), где по оси абсцисс откладывают значение среднего за период испытаний перепада температур между воздухом в помещении и снаружи Δt (точка "а"), а по оси ординат - количество инфильтрационного воздуха $L_{инф}^{\Delta t}$ (точка "б"). Через полученную точку "в" и начало координат проводят прямую линию, являющуюся линейной зависимостью количества инфильтрационного воздуха, поступающего в помещение, от перепада температур на стоянке.

Для определения $L_{инф}^{\Delta t'}$ на оси абсцисс откладывают значение $\Delta t'$ (точка "г") и находят значение количества инфильтрационного воздуха на линейной зависимости $L_{инф}^{\Delta t} = f(\Delta t)$ (точка "д"), соответствующее значению $L_{инф}^{\Delta t'}$ на оси ординат (точка "е").

Далее определяют значение $L_{инф}^{V}$ по формуле (7).

3.7 Оценка полученных результатов

Коэффициент герметичности помещений оценивают удовлетворительно, если он не превышает нормативных значений.

Таблица 3-1

Плотность 1м^3 сухого воздуха в кг при давлении 760 мм рт.ст.

Температура, °С	Вес 1 м^3 сухого воздуха, кг	Температура, °С	Вес 1 м^3 сухого воздуха, кг
+2	1,284	+30	1,165
+4	1,275	+32	1,157
+6	1,165	+34	1,150
+8	1,256	+36	1,142
+10	1,243	+38	1,135
+12	1,239	+40	1,128
+14	1,230	+45	1,110
+16	1,222	+50	1,093
+18	1,213	+55	1,076
+20	1,205	+60	1,060
+22	1,197	+65	1,044
+24	1,189	+70	1,029
+26	1,181	+75	1,014
+28	1,173	+80	1,000

Таблица 3-2

Результаты определения температурного коэффициента герметичности помещения

Время измерения	Температура наружного воздуха, °С		Температура внутреннего воздуха, °С		Кол-во человек	Объем кабины $м^3$	Кол-во испарив-шейся воды, мл	Количество инфильтрационного воздуха		Температурный коэффициент герметичности $1/ч.град.х10^{-3}$	
	Сухой	Влажн.	Сухой	Влажн.				$м^3/ч.$	кг/ч	расчетный	норматив.

Таблица 3-3

Результаты определения скоростного коэффициента герметичности помещения

Время измерения	Скорость движения, км/ч	Температура наружного воздуха, °С		Температура внутреннего воздуха, °С		Кол-во человек	Объем кабины $м^3$	Испарилось воды мл	Количество инфильтрационного воздуха		Скоростной коэффициент герметичности $1/ч.км/ч.x10^{-3}$	
		Сухой	Влажн.	Сухой	Влажн.				$м^3/ч$	кг/ч	расчетный	рекоменд.

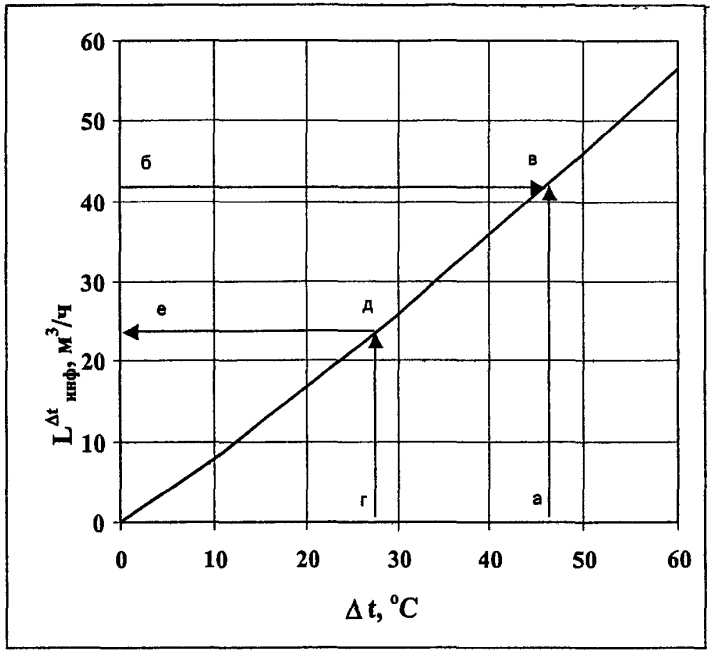


Рис. 3-1. Зависимость количества инфильтрационного воздуха, поступающего через неплотности ограждений помещений, от перепада температур на стоянке

IV МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ
по показателю "эффективность системы подогрева помещений"

4.1 Показатели оценочные

Максимальный перепад температур в помещении относительно наружной при максимально отрицательной наружной температуре, заданной ТУ, Δt_{max}, °С.

Время достижения заданной температуры воздуха в помещении при заданной ТУ наружной температуре, τ, мин.

Точность поддержания температуры воздуха в помещении, $\pm \Delta t$, °С.

4.2 Условия проведения испытаний

4.2.1 Время достижения заданной температуры определяют при включении системы отопления на максимальную мощность при испытаниях на стоянке.

4.2.2 Эффективность системы отопления измеряют при следующих условиях.

4.2.2.1 Испытания проводят в диапазоне отрицательных наружных температур и заданной постоянной скорости движения объекта:

для локомотивов и МВПС с конструкционной скоростью;

для самоходного СПС с конструкционной скоростью и на стоянке;

для несамоходного СПС – на стоянке.

В случае невозможности проведения испытаний при конструкционной скорости допускается проводить испытания при другой постоянной скорости с последующим расчетом на условия, заданные ТУ (Приложение 4-1)

4.2.2.2 Окна и двери в помещении закрыты. Устройство подачи наружного воздуха должно работать с номинальной производительностью.

4.2.2.3 Скорость ветра не должна превышать 7 м/с.

4.2.2.4 Температурный режим двигателя.

В случае жидкостной системы отопления объекта температура охлаждающей жидкости двигателя должна поддерживаться на уровне, предусмотренном ТУ.

4.2.2.5 Мощность системы отопления.

Система отопления помещения должна быть включена на максимальную мощность (производительность).

При отрицательных наружных температурах, близких к 0°С, допускается проводить испытания на частичной мощности системы отопления. Полученный результат пересчитывают в соответствии с Приложением 4-1 к разделу 4.

Не допускается включение только одной из двух или более имеющихся систем отопления, отличающихся по принципу действия (электропечи, калориферы и др.).

4.3 Измеряемые показатели

4.3.1 Температура наружного воздуха в одной точке на уровне нижней кромки окна помещения, °С.

4.3.2 Температура воздуха в помещении на уровне 1500 мм от пола, °С:

в кабине – в одной точке в центре (рис.4-1);

в помещениях, площадью от 5 до 10 $м^2$ – в 2-4 точках (рис.4-1);

в салоне вагона – в шести точках (рис.4-2).

4.3.3 Скорость ветра снаружи на уровне 1500 мм от земли на открытом пространстве, м/с.

4.3.4 Скорость движения транспортного средства, км/ч.

4.3.5 Время нагрева до заданной температуры, мин.

4.4 Средства и погрешности измерения

Температуру воздуха измеряют термометрами или другой аппаратурой с погрешностью не более $0,5^0$С.

Скорость движения объекта определяют по штатному скоростемеру с точностью ±5 км/час.

Скорость ветра измеряют анемометрами, с погрешностью не более 0,3 м/с.

Время измеряют секундомером, с точностью ± 1 сек.

Средства измерения должны быть поверены в установленном порядке и иметь действующие свидетельства о поверке.

4.5 Порядок проведения испытаний

4.5.1 Определение времени достижения заданной температуры проводят в следующем порядке:

закрывают окна, двери и другие вентиляционные проемы (в т.ч. закрывают дефлекторы и перекрывают подачу наружного воздуха системой принудительной вентиляции);

включают систему отопления на максимальную мощность;

фиксируют время включения системы отопления и время достижения заданной нормируемой температуры в помещении.

4.5.2 Определение эффективности системы отопления проводят в следующем порядке:

определяют скорость ветра;

устанавливают постоянную производительность системы отопления и фиксируют положение переключателя (максимальная-минимальная, I, II и т.д. ступени);

в случае испытаний системы отопления, использующей тепло дизеля, устанавливают постоянный тепловой режим дизеля в соответствии с ТУ;

устанавливают постоянную скорость движения испытуемого объекта в соответствии с п.4.2.2.1;

измеряют температуру воздуха в помещении в заданных точках по п.4.3.2;

зачетное измерение температур воздуха проводят через 3 часа после включения системы отопления не менее 3-х раз через 15 мин. В случае открывания окон или дверей по технологическим причинам измерение температур проводят через 15 минут после закрывания проемов.

Три цикла (не менее) указанных испытаний проводят при значениях наружной температуры, отличающихся друг от друга на 4-10 °С.

4.6 Обработка результатов

4.6 1 *По полученным результатам строят зависимость* $\Delta t = f(t_н)$ (рис.4-3), где

$\Delta t = t_{вн} - t_н$, °С

где $t_{вн}$ - средняя температура в помещении, °С,

$t_{вн} = \frac{1}{nm} \sum_{i=1}^{n} ti \times \sum_{j=1}^{m} tj$, где

t_i и t_j – температуры воздуха в точках измерения по п.4.3.2,

n – количество точек измерений по площади помещения,

m – количество циклов испытаний (3);

$t_н$ - наружная температура, °С.

Перепад температур в помещении является линейной функцией наружной температуры типа:

$y = mx + c$;

где y - перепад температур воздуха в помещении относительно наружной, Δt, °С;

x - температура наружного воздуха, $t_н$, °С;

m - угол наклона функции к оси абсцисс, А;

c - значение функции при наружной температуре 0°С.

$m = \frac{1}{D} \sum_{i=1}^{n} (Xi - \overline{X}) Yi$

$c = \overline{Y} - m\,\overline{X}$

$\overline{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} Xi$

$D = \sum_{i=1}^{n} (Xi - \overline{X})^2$

$\overline{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} Yi$;

где n - количество измерений при различных наружных температурах, порядковый номер измерения (цикла);

i - i-ое измерение.

По полученной зависимости вычисляют перепад температур при наружной температуре, заданной ТУ.

4.6.2 Точностью поддержания температуры воздуха в помещении является отклонение от средней температуры за период измерения :

$\pm \Delta t = \frac{t_{max} - t_{min}}{2}$, ^{0}C, где

t_{max}, t_{min} - максимальная и минимальная температура в одной точке (геометрический центр помещения) на высоте 1500 мм от пола.

4.6.3 Полученные результаты заносят в таблицу 4-1, являющуюся приложением к протоколу испытаний.

4.6.4 Оценку погрешности испытаний производят в соответствии с выражением:

$P(Y_1 - dy < Y < Y_2 + dy) = 0,95$

т.е. $P(\Delta t_1 - d(\Delta t) < \Delta t < \Delta t_2 + d(\Delta t) = 0,95$

где P=0,95 - уровень достоверности полученного результата,

$dy = d(\Delta t)$ - доверительный интервал,

$dy = d(\Delta t) = \frac{\Delta y}{\sqrt{n}} t_{\alpha,n-1}$,

где $\Delta y = \sqrt{(\Delta m)^2 + (\Delta c)^2}$ - среднеквадратическая погрешность результата,

Δm, Δc - среднеквадратическая погрешность коэффициентов уравнения,

$t_{\alpha,n-1}$ - коэффициент Стьюдента, который зависит от объема выборки (n) и заданной доверительной вероятности $P = 1-\alpha$

$$(\Delta m)^2 = \frac{1}{D} \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i^2}{n-2}$$

$d_i = y_i - y_i'$,

где y_i' - значение функции в i-той точке

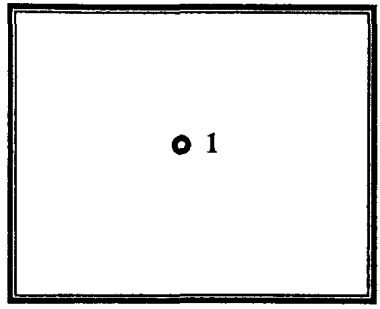
$$(\Delta c)^2 = (\frac{1}{n} + \frac{\overline{x^2}}{D}) \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i^2}{n-2}.$$

В случае, если погрешность испытаний превышает приписанную методике испытаний 3,5°С, испытания проводят повторно.

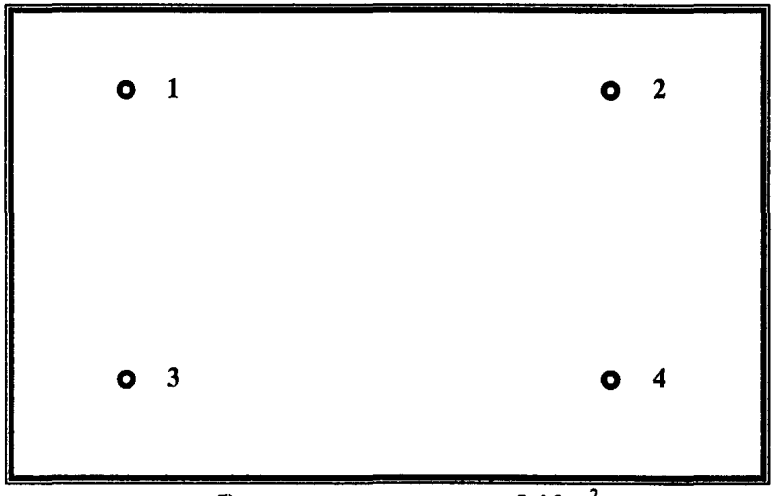
4.7 Оценка полученных результатов

Эффективность системы подогрева помещения оценивают удовлетворительно, если вычисленный перепад температур в помещении относительно наружной не менее заданного ТУ, время достижения заданной температуры τ и точность поддержания температуры воздуха (при наличии системы автоматического регулирования) соответствуют нормативным значениям.

В случае, если хотя бы один показатель не соответствует нормативным значениям, ее оценивают неудовлетворительно.



а) кабина машиниста



б) помещение площадью 5-10 м^2

Рис.4-1 – Места установки датчиков температуры воздуха в помещениях подвижного состава

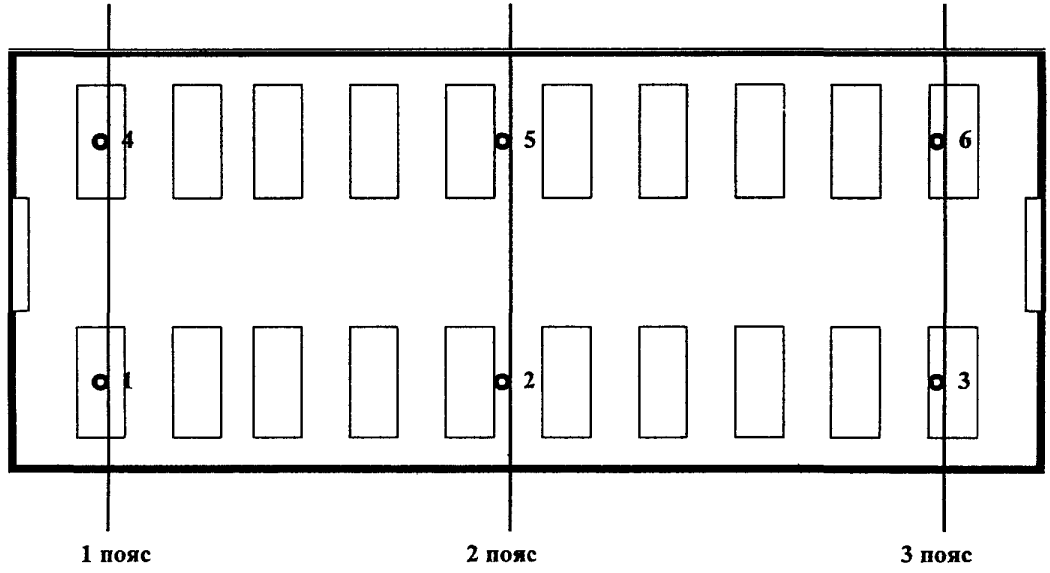


Рис.4-2 – Места установки датчиков температуры воздуха в салоне вагона

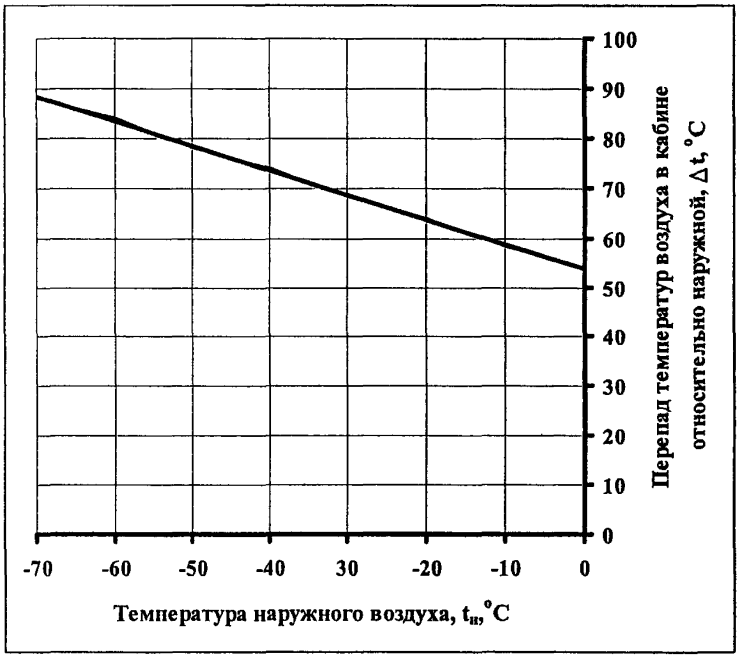


Рис.4-3 – Зависимость перепада температур в кабине относительно наружной от наружной

Таблица 4-1 - Результаты определения эффективности системы подогрева

Мощность системы отопления, Q, кВт	Скорость движения, V, км/ч	Наружная температура, $t_н$, °С	Измеренная внутренняя температура $t_к$, °С	Измеренный перепад, $\Delta t_{изм}$, °С	Расчетные на условия, заданные ТУ (°С; км/ч)	
					Перепад, Δt, °С	Температура в кабине, $t^к$, °С

ПРИЛОЖЕНИЕ 4-1
К РАЗДЕЛУ 4

Расчет максимального перепада температур в помещении относительно наружной при условиях измерения, отличающихся от заданных.

1. В случае, если система отопления включена не на полную мощность, оцениваемый максимальный перепад температур Δt_{max}, создаваемый системой отопления для условий, заданных по ТУ, вычисляется по формуле:

$$\Delta t_{max} = \Delta t_{изм} \times \frac{P_{max}}{P_{част}}, \text{ °C, где}$$

$\Delta t_{изм}$ – перепад температур в помещении относительно наружной при частичной мощности системы отопления $P_{част}$, °C;

P_{max} – максимальная мощность системы отопления, Вт.

2. В случае, если скорость движения объекта отличается от заданной по ТУ, максимальный перепад температур Δt_{max}, создаваемый системой отопления для условий, заданных по ТУ, вычисляется по формуле:

$$\Delta t_{max} = \Delta t_{изм} \times \frac{Kv_{изм}}{Kv_{констр}}, \text{ °C, где}$$

Kv – коэффициент снижения эффективности отопления с увеличением скорости движения объекта (таблица П.4-1), соответственно,

$Kv_{изм}$ – при измеренной скорости,

$Kv_{констр}$ – при скорости, заданной по ТУ.

3. В случае, когда не соблюдаются условия по п.1 и п.2, максимальный перепад температур вычисляется по формуле:

$$\Delta t_{max} = \frac{\Delta t_{изм} \times P_{max} \times Kv_{изм}}{P_{част} \times Kv_{конст}}, \text{ °C.}$$

4. В случае, если время достижения заданной температуры $\tau^{ТУ}$ в помещении измерялось при наружной температуре, отличающейся от заданной по ТУ, оно вычисляется по формуле:

$$\tau^{ТУ} = \frac{c_э}{3600kF} \ln\left[\left(\frac{P_{max}}{kF} - \Delta t_{но}\right) / \left(\frac{P_{max}}{kF} - \Delta t_{нт}\right)\right], \text{ мин, где}$$

P_{max} – максимальная мощность системы отопления, кВт;

K – коэффициент теплопередачи помещения, Вт/м^{2}К;

F - средняя площадь ограждения помещения, м^2;

$\Delta t_{по}$, $\Delta t_{пт}$ – перепад температур в помещении относительно наружной при условиях, заданных ТУ, в начальный момент и при достижении нормируемой температуры, °С;

$\Delta t_{по}^{ТУ} = t_{по} - t_{н}^{ТУ}$

$\Delta t_{пт}^{ТУ} = t_{пт} - t_{н}^{ТУ}$, где

$t_{по}$, $t_{пт}$ – температура воздуха в помещении, соответственно в начальный момент измерений и в момент времени τ, °С;

$t_{н}^{ТУ}$ - температура наружного воздуха, заданная в ТУ, °С;

$c_э$ – эффективная теплоемкость помещения, Дж/К.

Таблица П.4-1 – Коэффициенты пересчета полученных данных по перепаду температур в зависимости от скорости движения[1]

Скорость движения,V, км/ч	Коэффициент пересчета, K_v
10	1.07
20	0.12
30	1.18
40	1.25
50	1.29
60	1.35
70	1.4
80	1.51
90	1.56
100	1.6
110	1.64
120	1.67
130	1.7
140	1.73
150	1.74
160	1.75
170	1.76
180	1.77
190	1.78
200	-
220	1.91
250	-
270	2.08

[1] - по результатам испытаний вагонов, Китаев Б Н

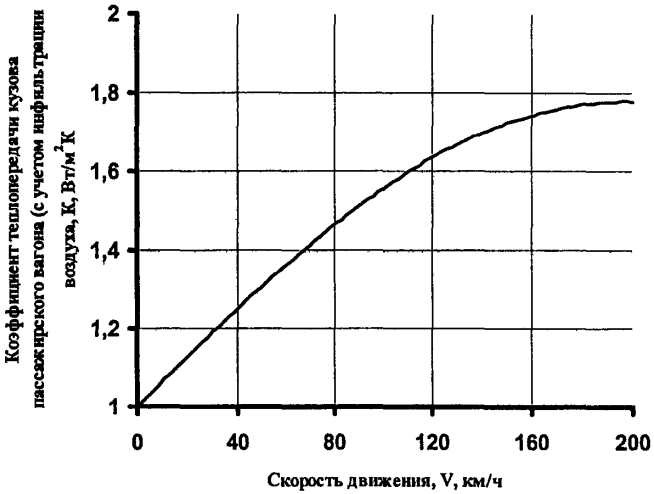


Рис.П.4-1 – Зависимость коэффициента теплопередачи кузова пассажирского вагона (с учетом инфильтрации воздуха) от скорости движения

V МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ
по показателю " эффективность системы охлаждения помещений"

5.1 Показатели оценочные

Максимальный перепад температур в помещении относительно наружной при максимально положительной наружной температуре, заданной ТУ, $\Delta t^{ТУ}$, °С.

Время достижения заданной температуры воздуха в помещении при заданной ТУ наружной температуре, $\tau^{ТУ}$, мин.

Точность поддержания температуры воздуха в помещении, $\pm \Delta t$, ^{0}С.

5.2 Условия проведения испытаний

При испытаниях системы охлаждения в помещении допускают наличие дополнительно 2 испытателей.

Систему вентиляции вагона испытывают без нагрузки и пассажиров.

Систему охлаждения испытывают на стоянке.

Систему вентиляции испытывают в движении с эксплуатационными скоростями.

Испытания проводят при температурах наружного воздуха выше плюс 20°С в период максимальной солнечной радиации (12÷16 ч местного времени) в отсутствие облачности и осадков.

5.3 Измеряемые показатели

В процессе испытаний измеряют следующие показатели, характеризующие условия испытаний.

5.3.1 Температура воздуха, °С:

- снаружи в тени вблизи объекта испытаний на уровне 1,5 м от поверхности земли;
- в кабине в 2 точках на уровне 1500 мм от пола (вне зоны прямого попадания солнечной радиации) (рис.5-1);
- в служебном помещении в 2-4 точках на уровне 1500 мм от пола (вне зоны прямого попадания солнечной радиации) (рис.5-1);
- в салоне в 3-х поясах слева и справа на уровне 1500 мм от пола (рис.5-2).

5.3.3 Скорость воздуха снаружи вблизи объекта испытаний на уровне 1,5 м от поверхности земли, м/с.

5.3.4 Скорость движения объекта испытаний, км/ч.

5.4 Средства и погрешности измерений

Измерение температур воздуха производят термометром или другой аппаратурой с точностью не менее 0,5°С.

Измерение скорости движения объекта испытаний производят по штатному скоростемеру с точностью ±5 км/ч.

Средства измерения должны быть поверены в установленном порядке и иметь действующие свидетельства о поверке.

5.5 Порядок проведения испытаний

5.5.1 Испытание эффективности системы охлаждения, принудительной и естественной вентиляции производят в следующем порядке.

5.5.2 Определяют скорость ветра.

5.5.3 Устанавливают систему охлаждения и принудительной вентиляции в режим максимальной мощности (ручное управление), систему естественной вентиляции - на максимальную производительность (открыты все вентиляционные проемы).

5.5.4 Устанавливают режим работы объекта испытания:

- стоянка;
- движение с постоянной скоростью (по п. 5.2).

5.5.5 Проведение измерений температур воздуха в помещении

При наличии кондиционера замеры температуры производят с момента включения системы и фиксируют время достижения заданной температуры .

При испытаниях принудительной или естественной вентиляции

Зачетное испытание начинают с момента установления постоянства температур в помещении. Зачетные замеры производят в количестве не менее трех с интервалом 15÷30 минут.

Цикл указанных испытаний проводят при трех значениях наружной температуры, в диапазоне 20-40 °С.

5.6 Обработка результатов измерений

5.6.1 Определение эффективности системы охлаждения, принудительной и естественной вентиляции.

Для определения эффективности системы охлаждения, принудительной и естественной вентиляции проводят измерение температур воздуха в помещении, находят среднюю температуру в помещении и перепад температур в помещении относительно наружной.

По полученным данным строят зависимость $\Delta t = f(t_н)$ (рис.5-3), которая позволяет вычислить перепад температур в помещении относительно наружной при любой наружной в диапазоне летних температур.

Перепад температур в помещении для системы охлаждения, принудительной и естественной вентиляции выражается зависимостью:

$$\Delta t = A\, t_н + B$$

где A,B - коэффициенты, характеризующие систему теплозащиты и эффективности кондиционера принудительной и естественной вентиляции.

5.6.2 Эффективность системы охлаждения, принудительной и естественной вентиляции оценивается перепадом температур Δt

$\Delta t = t_{вн} - t_н$, °С

где $t_{вн}$ - средняя температура в помещении, °С;

$t_н$ - наружная температура, °С

5.6.3 Построение зависимости перепада температур в помещении относительно наружной температуры.

Зависимость $\Delta t = f(t_н)$ должна быть линейного вида:

$y = mx + c$;

где y - перепад температур воздуха в помещении относительно наружной,, Δt, °С;

x - температура наружного воздуха, $t_н$, °С;

m - угол наклона функции к оси абсцисс, А;

c - значение функции при наружной температуре 0°С, В, °С.

$$m = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^{n} (Xi - \overline{X}) Yi$$

$$c = \overline{Y} - m\,\overline{X}$$

$$\overline{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} Xi$$

$$D = \sum_{i=1}^{n} (Xi - \overline{X})^2$$

$$\overline{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} Yi \;;$$

где n - количество измерений при различных наружных температурах;

i - i-ое измерение.

5.6.4 Оценка погрешности измерения производится в соответствии с выражением:

$P(Y_1 - dy < Y < Y_2 + dy) = 0{,}95$

т.е. $P(\Delta t_1 - d(\Delta t) < \Delta t < \Delta t_2 + d(\Delta t)) = 0{,}95$

где P=0,95 - уровень достоверности полученного результата,

$dy = d(\Delta t)$ - доверительный интервал,

$$dy = d(\Delta t) = \frac{\Delta y}{\sqrt{n}} t_{\alpha, n-1},$$

где $\Delta y = \sqrt{(\Delta m)^2 + (\Delta c)^2}$ - среднеквадратическая погрешность результата,

Δm, Δc - среднеквадратические погрешности коэффициентов уравнения,

$t_{\alpha, n-1}$ - коэффициент Стьюдента, который зависит от объема выборки (n) и заданной доверительной вероятности $P = 1 - \alpha$

$$(\Delta m)^2 = \frac{1}{D}\frac{\sum_{i=1}^{n} d_i^2}{n-2}$$

$d_i = y_i - y_i'$,

где y_i' - значение функции в i-той точке

$$(\Delta c)^2 = (\frac{1}{n} + \frac{\overline{x^2}}{D})\frac{\sum_{i=1}^{n} d_i}{n-2}.$$

5.6.5 Время охлаждения помещения при условиях, заданных в ТУ, $\tau^{ТУ}$, определяют по формуле:

$$\tau^{ТУ} = \frac{c_э}{3600\kappa F}\ln\left[\left(\frac{Po}{kF} - \Delta t_{по}\right)/\left(\frac{P_o}{kF} - \Delta t_{пт}\right)\right], \text{ мин, где}$$

P_o –мощность системы кондиционирования, кВт;

К – коэффициент теплопередачи помещения, Вт/м^{2}К;

F - средняя площадь ограждения помещения, м^2;

$\Delta t_{по}$, $\Delta t_{пт}$ – перепад температур в помещении относительно наружной при условиях, заданных ТУ, в начальный момент и при достижении нормируемой температуры, °С;

$\Delta t_{по}^{ТУ} = t_{по} - t_н^{ТУ}$

$\Delta t_{пт}^{ТУ} = t_{пт} - t_н^{ТУ}$, где

$t_{по}$, $t_{пт}$ – температура воздуха в помещении, соответственно в начальный момент измерений и в момент времени τ, °С;

$t_н^{ТУ}$ - температура наружного воздуха, заданная в ТУ, °С;

$c_э$ – эффективная теплоемкость помещения, Дж/К.

По результатам испытаний определяют эффективную теплоемкость помещения $c_э$, Дж/К:

$$c_э = \tau_{изм} KF / \ln\left[\left(\frac{Po}{kF} - \Delta t_{по}^{изм}\right)/\left(\frac{P_o}{kF} - \Delta t_{пт}^{изм}\right)\right], \text{ где}$$

$\tau_{изм}$ – измеренное время охлаждения помещения до заданной температуры при наружной температуре на момент испытаний, мин;

$\Delta t_{по}^{изм}$, $\Delta t_{пт}^{изм}$ – измеренные перепады температур в помещении относительно наружной, соответственно в начальный момент и при достижении нормируемой температуры, °С;

$\Delta t_{по}^{изм} = t_н^{изм} - t_{по}^{изм}$

$\Delta t_{пт}^{изм} = t_н^{изм} - t_{пт}^{норм}$, где

$t_{по}^{изм}$ – температура воздуха в помещении в начальный момент измерений , °С;

$t_{пт}^{норм}$ – нормативная (заданная) температура воздуха в помещении, °С

$t_н^{изм}$ - температура наружного воздуха при испытаниях, °С.

5.6.6 Точностью поддержания температуры воздуха в помещении является отклонение от средней температуры за период измерения :

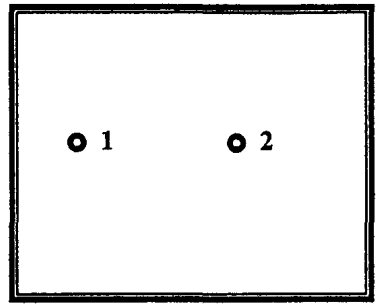
$\pm \Delta t = \frac{t_{max} - t_{min}}{2}$, ^{0}C, где

t_{max}, t_{min} - максимальная и минимальная температура в одной точке (геометрический центр помещения) на высоте 1500 мм от пола

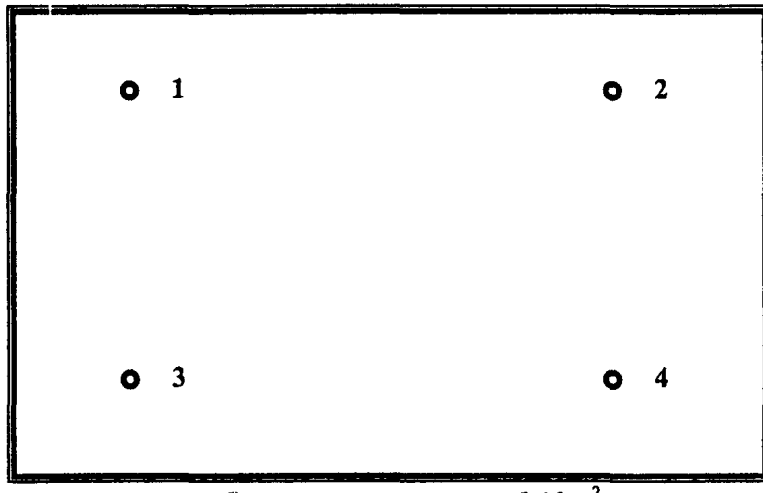
5.7 Оценка полученных результатов

Эффективность системы охлаждения помещения оценивают удовлетворительно, если создаваемый ею перепад температур в диапазоне расчетных температур по ТУ не менее нормируемого время достижения заданной температуры τ и точность поддержания температуры воздуха (при наличии системы автоматического регулирования) соответствуют нормативным значениям.

В случае, если хотя бы один показатель не соответствует нормативным значениям, ее оценивают неудовлетворительно.



а) кабина машиниста



б) помещение площадью 5-10 м^2

Рис.5-1 – Места установки датчиков температуры воздуха в помещениях

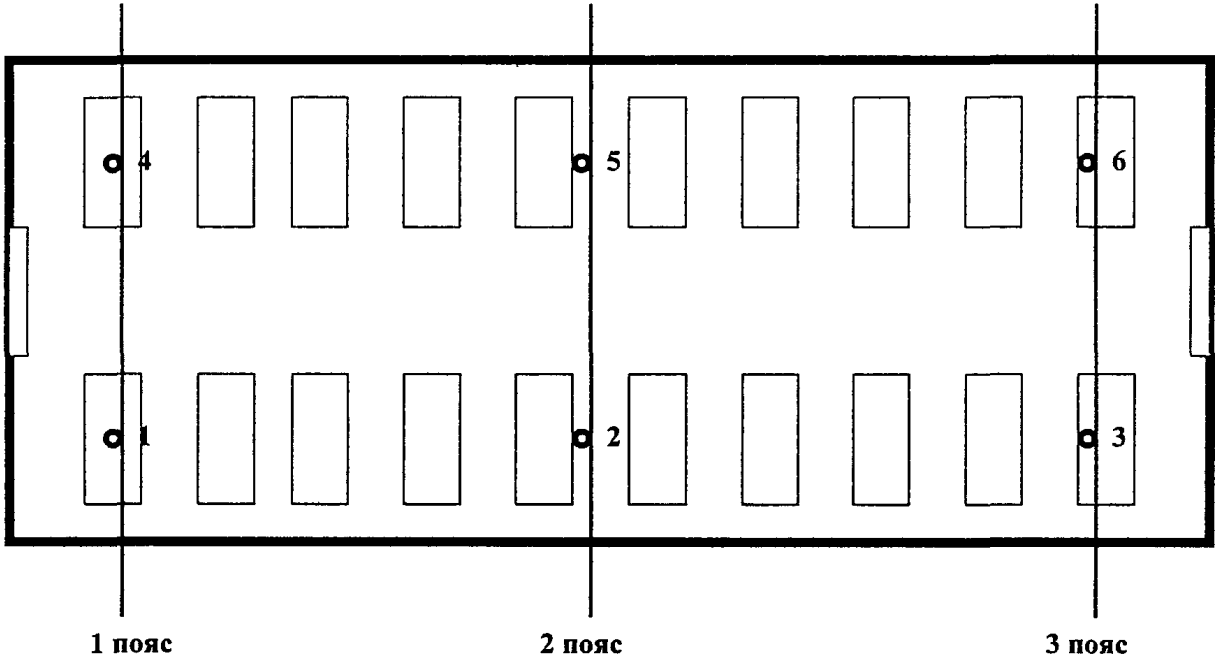


Рис.5-2 – Места установки датчиков температуры воздуха в салоне вагона

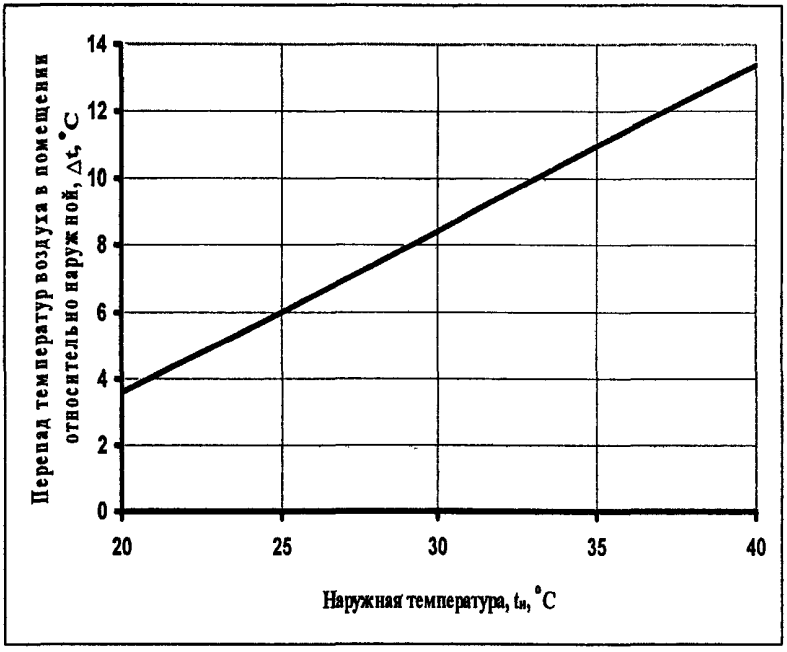


Рис.5-3 – Снижение температуры воздуха в помещении подвижного состава в зависимости от наружной температуры

VI МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ
по показателю "подпор (избыточное давление) воздуха в помещениях"

6.1 Показатели оценочные

Подпор (избыточное давление) воздуха в помещении относительно наружного, Δ Р, Па (мм вод.ст.).

6.2 Условия проведение испытаний

Испытания проводят на стоянке.

Окна и двери должны быть закрыты. Система принудительной вентиляции должна работать с номинальной производительностью, дефлекторы должны быть открыты, воздушные клапаны находиться в состоянии, предусмотренном правилами эксплуатации.

6.3 Измерительная аппаратура

Подпор воздуха в помещении относительно наружного измеряется манометром ММН-2400 класса 1,0, тягонапоромером ТНМ-1П, класса 2,5 , или другой аппаратурой с основной допустимой погрешностью не более 2,5%.

Средства измерения должны быть поверены в установленном порядке и иметь действующие свидетельства о поверке.

6.4 Порядок проведения испытаний.

6.4.1 Включают систему принудительной вентиляции на режим номинальной производительности.

6.4.2 Приемную дренажную трубку для измерения давления внутри помещения устанавливают в любом месте помещения.

6.4.3 Приемную дренажную трубку для измерения наружного давления

- для кабины магистрального локомотива, МВПС на боковой стенке кабины на уровне нижней кромки бокового окна сразу за ним;
- для кабины маневрового локомотива, вагона МВПС, путевой машины за задней по ходу движения стенкой помещения в ее верхней трети.

Конец наружной дренажной трубки должен быть защищен чехлом.

6.5 Обработка результатов

6.5.1.Обработку результатов измерения проводят в соответствии с паспортом на измерительный прибор.

6.5 2 Погрешность испытаний составляет 22%.

6.6 Оценка полученных результатов

Помещение по показателю "Подпор (избыточное давление) воздуха" оценивают удовлетворительно, если его величина не менее нормативного значения. В противном случае его оценивают неудовлетворительно.

VII МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ
по показателю "количество наружного воздуха, подаваемое в помещение"

7.1 Показатели оценочные

Количество наружного воздуха, подаваемое в помещение на 1 человека, L, $м^3/ч$.

7.2 Условия проведения испытаний

Испытания проводят на стоянке. При этом питание системы вентиляции может осуществляться от постороннего источника.

7.3 Измеряемые показатели

Скорость воздуха на выходе (входе) из каждой вентиляционной решетки или проема, м/с.

Площадь сечения вентиляционной решетки или вентиляционного проема (или насадки), в котором проводилось измерение, $м^2$.

7.4 Средства и погрешности измерения

Скорости воздуха на выходе (входе) из вентиляционных решеток измеряют анемометром с точностью, указанной в паспорте.

Измерение площади вентиляционного проема производят с помощью рулетки Р20 УЗК, ГОСТ 7502, с точностью 0,001 м.

Средства измерения должны быть поверены в установленном порядке и иметь действующие свидетельства о поверке.

7.5 Порядок проведения испытаний

Измерение скорости воздуха производят три раза. Результирующей является средняя из трех замеров.

7.6 Обработка результатов

7.6.1 Расчет количества наружного воздуха, подаваемого в помещение на 1 человека, производят по формуле:

$$L=(3600 \sum_{i=1}^{n} V_i F_i)/n ,$$

где L –количество наружного воздуха, подаваемого в помещение на 1 человека, $м^3/ч$;

Vi - скорость воздуха в i-той решетке или проеме. м/с;

Fi- сечение i-той решетки или проема (насадка), $м^2$;

n – штатное количество обслуживающего персонала или пассажиров в помещении.

7.6.2 Определение погрешности измерений.

Среднеквадратическая погрешность измерений вычисляют по формуле:

$$S_L^{\sum} = \sqrt{(S_{i1})^2+(S_{i1})^2+...+(S_{il})^2} \quad , м^3/ч, \text{ где}$$

$S_{L1} = \sqrt{(L_1)^2\left[(S_{F1})^2 / V_1^2 + (S_{F1})^2 / F_1^2\right]}$, где

F_1 - площадь сечения 1,

V_1 - скорость воздуха в сечении 1,

$(S_{F1})^2 = (\Delta l)^2 \bullet m$, где m=2 (прямоугольник)

$(S_{V1})^2 = (\Delta V_{приб})^2$, где

$\Delta V_{приб}$ - точность измерительного прибора.

Относительную погрешность измерения вычисляют по формуле:

$$\delta\,\%(L) = \frac{S_L * 100}{L}\ ,\%$$

При единичном измерении среднеквадратическую погрешность считать равной 22% в соответствии с ГОСТ 12.3. 018.

В случае, если погрешность испытаний превышает приписанную методике испытаний 22%, испытания проводят повторно.

7.7 Оценка полученных результатов

Количество наружного воздуха, подаваемое в помещение на 1 человека, оценивают удовлетворительно, если его величина равна или более нормируемого значения.

В противном случае его оценивают неудовлетворительно.

Приложение А
(справочное)

Форма протокола проведения испытаний

_____ (полное наименование испытательного центра (ИЦ), проводившего испытания, адрес ИЦ, номер и срок действия аттестата аккредитации ИЦ)

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ИЦ _____(Ф.И.О.) (подпись)
« » _____ 200___ г.

ПРОТОКОЛ №_____
проведения испытаний по определению

_____
(наименование сертификационного показателя)

1 Объект испытаний

Полное наименование объекта испытаний	Идентификационный номер объекта	Номер и дата акта отбора образца

2 Сведения о заказчике и основание для проведения испытаний

Наименование заказчика, адрес	Номер и дата заявки (договора) на проведение испытаний

3 Место и дата проведения испытаний

наименование места проведения испытаний	дата проведения испытаний (число, м-ц, год)

4 Условия проведения испытаний

	Температура наружного воздуха, °С	Скорость движения объекта, км/ч	Тип и мощность автономного нагревательного прибора	Окна, двери и др. вентиляционные проемы

5 Методика проведения измерений и измерительная аппаратура

5.1 Методика проведения измерений

Наименование методики	Номер методики	Дата утверждения

5.2. Средства измерений:

Наименование контролируемого показателя	Наименование средств измерений (СИ)	Основные характеристики СИ	Наименование (номер) документа о поверке СИ

6. Оценочные показатели

Наименование показателя, характеристики	Единицы измерения	НД и значения показателя по НД, на соответствие которой проводятся испытания	Метод, способ определения (контроля) показателя:

7 Результаты испытаний

7.1 Результаты измерений

Результаты измерений представлены в таблицах приложения к настоящему протоколу

7.2 Результаты расчетов

Наименование параметра	Единица измерения	Условия, заданные ТУ	Результат расчетов		Нормативное значение	Соответствие

Всего листов –

Приложение к протоколу-

Таблицы, графики

Протокол №_____ от ___.___.___ г. касается только объекта (полное наименование и идентификационный номер объекта испытаний).

Внесение исправлений и дополнений в протокол не допускается. Изменения и дополнения оформляются отдельным документом в установленном порядке.

Ответственный

Испытатели: _____

_____

_____

_____

Дата составления протокола

Библиография

/1/ ЦРБ/162 Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации, Москва, "Транспорт", 1999.

/2/ ЦТ 4770 "Правила по технике безопасности и производственной санитарии при эксплуатации электровозов, тепловозов и моторвагонного подвижного состава", Москва, "Транспорт", 1992 г.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Изме нение	Номер листов (страниц)				Номер докумен та	Подпись	Дата	Срок введения изменений
	изме нен ных	заме нен ных	новых	анули рован ных				
1	2	3	4	5	6	7	8	9

gost.e-ecolog.ru