ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 55527— 2013

ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Методы испытаний по определению теплотехнических показателей

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2014

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт железнодорожной гигиены Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека» (ФГУП ВНИИЖГ Роспотребнадзора)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 45 «Железнодорожный транспорт»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 августа 2013 г. № 591-ст

4 Настоящий стандарт может быть применен на добровольной основе для соблюдения требований технических регламентов Таможенного союза «О безопасности железнодорожного подвижного состава», «О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта»

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст этих изменений и поправок — в ежемесячном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (gost.ru)

© Стандартинформ, 2014

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 1
3 Термины и определения . . . 2
4 Метод испытаний по определению показателя «средний коэффициент теплопередачи ограждений помещений» . . . 2
4.1 Общие положения . . . 2
4.2 Порядок отбора образцов . . . 3
4.3 Общие требования, предъявляемые к условиям и проведению испытаний . . . 3
4.4 Требования к средствам измерений (измерительной аппаратуре), испытательному оборудованию . . . 4
4.5 Порядок проведения испытаний на этапе прогрева до выхода на стабильный температурный режим . . . 4
4.6 Порядок проведения испытаний на этапе поддержания стабильного температурного режима . . . 5
4.7 Обработка результатов испытаний . . . 5
4.8 Оценка погрешности испытаний (точность метода определения среднего коэффициента теплопередачи ограждений помещения) . . . 6
5 Метод испытаний по определению показателя «температурный коэффициент герметичности помещений» . . . 6
5.1 Общие положения . . . 6
5.2 Общие требования, предъявляемые к условиям и проведению испытаний . . . 7
5.3 Требования к средствам измерений (измерительной аппаратуре), испытательному оборудованию . . . 7
5.4 Порядок проведения подготовительного этапа испытаний по определению температурного коэффициента герметичности помещения . . . 8
5.5 Порядок проведения основного этапа испытаний по определению температурного коэффициента герметичности помещения . . . 8
5.6 Обработка результатов испытаний . . . 9
5.7 Оценка погрешности испытаний (точность метода определения температурного коэффициента герметичности помещения) . . . 10
6 Оформление результатов испытаний . . . 11
7 Требования безопасности при проведении испытаний . . . 11
Приложение А (обязательное) Размещение точек измерения температуры воздуха (установки датчиков температуры) . . . 12
Приложение Б (справочное) Форма записи результатов измерений в испытаниях по определению среднего коэффициента теплопередачи ограждений помещения . . . 14
Приложение В (справочное) Форма записи результатов расчета среднего коэффициента теплопередачи ограждений помещения . . . 16
Приложение Г (справочное) Вычисление погрешности измерений по определению среднего коэффициента теплопередачи ограждений помещения . . . 17
Приложение Д (рекомендуемое) Форма записи результатов измерений в испытаниях по определению температурного коэффициента герметичности помещения . . . 19
Приложение Е (справочное) Определение значения влагосодержания, при котором начинается конденсация влаги на внутренней поверхности кузова. Определение плотности воды при различной температуре . . . 20
Приложение Ж (справочное) Форма записи результатов расчета температурного коэффициента герметичности помещения . . . 22
Приложение И (справочное) Вычисление погрешности измерений по определению температурного коэффициента герметичности помещений . . . 23
Библиография . . . 26

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Методы испытаний по определению теплотехнических показателей

Protecting constructions of the railway rolling stock premises.
Test methods for determining the thermal technical indicators

Дата введения — 2014—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на ограждающие конструкции помещений железнодорожного подвижного состава и устанавливает методы испытаний по определению среднего коэффициента теплопередачи ограждений помещений и температурного коэффициента герметичности помещений.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 8.568—97 Государственная система обеспечения единства измерений. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения

ГОСТ Р 15.201—2000 Система разработки и постановки продукции на производство. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство

ГОСТ Р 55057—2012 Транспорт железнодорожный. Состав подвижной. Термины и определения

ГОСТ 8.207—76 Государственная система обеспечения единства измерений. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения

ГОСТ 12.0.004—90 Система стандартов безопасности труда. Организация обучения безопасности труда. Общие положения

ГОСТ 12.2.007.0—75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности

ГОСТ 15.309—98 Система разработки и постановки продукции на производство. Испытания и приемка выпускаемой продукции. Основные положения

ГОСТ 1770—74 Посуда мерная лабораторная стеклянная. Цилиндры, мензурки, колбы, пробирки. Общие технические условия

ГОСТ 7502—98 Рулетки измерительные металлические. Технические условия

ГОСТ 16504—81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения

ГОСТ 27570.0—87 Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Общие требования и методы испытаний

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на кото-

Издание официальное

рый дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 16504, ГОСТ Р 55057, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **влагосодержание воздуха d, кг/кг$_{сух. возд.}$:** Масса водяного пара, содержащегося во влажном воздухе, отнесенная к массе его сухой части.

3.2 **влажность (абсолютная) воздуха f, кг/м^3:** Масса водяного пара, содержащегося в 1 кубическом метре воздуха.

3.3 **ограждающие конструкции (ограждения) помещений железнодорожного подвижного состава:** Конструкции, отделяющие внутренние помещения железнодорожного подвижного состава (далее подвижной состав) от наружной (по отношению к подвижному составу) среды, а также разделяющие помещения с различными температурными условиями, включая стены, потолок, пол и торцевые части всего кузова или отдельных его частей, а также окна и двери.

Примечания

1 При определении коэффициента теплопередачи ограждений помещений подвижного состава с отдельными тамбурами, т. е. с тамбурами, которые от остальной части внутреннего пространства помещения изолированы теплоограждающими конструкциями, эти конструкции относят к ограждениям помещения, а при расчете площади ограждения учитывается площадь поверхности теплоограждающих конструкций без тамбуров.

2 В случае определения коэффициента теплопередачи ограждений отдельного помещения подвижного состава к ограждениям этого помещения относят те конструкции, которые отделяют его внутреннее пространство от внешней среды с отличающимися (в штатных условиях эксплуатации) значениями температуры воздуха (то есть конструкции, через которые идут потери тепла, как во внутреннюю (в соседние помещения), так и в наружную, по отношению к подвижному составу, среду). Если в штатных условиях эксплуатации в соседних помещениях подвижного состава температурный режим соответствует температурному режиму внутри отдельного помещения, то в испытаниях по определению коэффициента теплопередачи в них обеспечивается та же температура, что и в отдельном помещении, в противном случае, обеспечивается та же температура, что и снаружи подвижного состава.

3.4 **коэффициент теплопередачи ограждения помещения средний $K_{ср}$, Вт/(м^2 · °С):** Показатель, характеризующий совокупность теплотехнических свойств ограждений помещения, численно равный среднему количеству теплоты, передаваемому через единицу площади ограждения помещения в единицу времени при разности внутренней и наружной температур воздуха в один градус Цельсия.

3.5 **тепловой поток (проходящий через ограждение помещения) Q, Вт:** Количество теплоты, проходящее через ограждение помещения в единицу времени.

3.6 **коэффициент герметичности температурный $H_{\Delta t}$, 1/(ч · °С):** Показатель, численно равный количеству инфильтрационного воздуха, поступающего в единицу объема помещения через неплотности его ограждений в единицу времени при разности температур внутреннего и наружного воздуха, равной одному градусу Цельсия.

3.7 **установившийся (стабильный) температурный режим:** Состояние воздушной среды помещения, при котором средняя внутренняя температура изменяется не более чем на ±0,5 °С в час, при условии поддержания постоянной тепловой мощности нагревателей, установленных внутри помещения.

Примечание — В этот период отсутствует непрерывное изменение средней температуры воздуха в одном направлении (повышение или снижение).

4 Метод испытаний по определению показателя «средний коэффициент теплопередачи ограждений помещений»

4.1 Общие положения

4.1.1 Метод определения среднего коэффициента теплопередачи ограждения помещения $K_{ср}$, Вт/(м^2 · °С) основан на определении теплового потока, передаваемого через единицу площади ограждения под действием теплообмена, вызванного разностью температур воздуха внутри и снаружи помещения.

4.1.2 При определении среднего коэффициента теплопередачи осуществляют:

- определение температур наружного ($t^{ср}_{нар}$) и внутреннего ($t^{ср}_{вн}$) воздуха, °С, после прогрева помещения подвижного состава и установления стабильного температурного режима;
- определение среднего теплового потока $Q_{ср}$, Вт, проходящего через ограждение помещения в период установившегося теплового режима, исходя из расхода тепловой энергии, выделяемой электронагревателями;
- определение площади ограждения F, м^2;
- последующий расчет среднего коэффициента теплопередачи ограждения помещения $K_{ср}$, Вт/(м^2 · °С) по формуле

$$K_{ср} = \frac{Q_{ср}}{F(t^{ср}_{вн} - t^{ср}_{нар})}. \quad (1)$$

4.1.3 Средний тепловой поток (тепловая мощность) $Q_{ср}$ определяется по электрической мощности, потребляемой электронагревателями, (см. 4.4.3).

4.2 Порядок отбора образцов

4.2.1 Объектом испытаний является подвижной состав, для помещений которого определяют теплотехнические характеристики ограждения.

4.2.2 Отбор образцов для испытаний проводят в соответствии с требованиями, установленными в стандартах и технических условиях на конкретные типы подвижного состава с учетом требований ГОСТ Р 15.201, ГОСТ 15.309.

4.2.3 Отбор образцов оформляют документально. Выполнение установленных требований к отбору подтверждается актом отбора образцов. Содержание акта отбора для проведения сертификационных испытаний, должно соответствовать требованиям технических регламентов [2] (статья 6, пункт 32) и [3] (статья 6, пункт 35).

4.2.4 Объект испытаний, включая стыки и другие виды соединений ограждающих конструкций, должен быть выполнен в полном соответствии с техническими условиями, утвержденными рабочими чертежами и технологическим процессом, что подтверждается актом организации — изготовителя о готовности объекта к испытаниям.

4.3 Общие требования, предъявляемые к условиям и проведению испытаний

4.3.1 Общий порядок проведения приемочных испытаний в соответствии с ГОСТ Р 15.201, сертификационных испытаний по техническим регламентам [2] (статья 6) и [3] (статья 6), периодических по ГОСТ 15.309.

4.3.2 Подвижной состав (объект испытаний) неподвижно устанавливают в закрытом помещении. Влияние солнечных лучей на подвижной состав в период измерений должно быть исключено.

4.3.3 Значения температуры наружного воздуха* (15 ± 5) °С. Температура наружного воздуха за весь период испытаний не должна изменяться более чем на ±2 °С. В установившемся режиме, в течение часа измерений, принимаемых в расчет, температура не должна изменяться более чем на ±0,5 °С. Скорость движения воздуха в этот период не более 3 м/с.

4.3.4 В процессе испытаний осуществляется нагрев воздуха в помещении подвижного состава. По состоянию внутренней среды помещения процесс нагрева разделяется на два этапа:

- прогрев воздуха до достижения (установления) стабильного температурного режима, включая двухчасовой период подтверждения реализации условия стабильности (подготовительный этап);
- поддержание в помещении подвижного состава стабильного температурного режима (основной этап испытаний по определению среднего коэффициента теплопередачи).

4.3.5 Прогрев помещений (кабина, салон для пассажиров, служебные и бытовые помещения) производят автономными электронагревательными устройствами, которые не должны быть излучающими (или должны иметь экраны инфракрасного излучения). Для обеспечения принудительной конвекции при нагреве воздуха применяют устройства вентиляции. Электронагреватели и вентиляторы или электронагревательные устройства с функцией вентиляции (тепловентиляторы) размещаются таким образом, чтобы поток теплого воздуха не был напрямую направлен на прогрев стенки, а распределение температур по объему помещения было максимально равномерным. Должна поддерживаться постоянная мощность систем нагрева и вентиляции.

* Температура воздуха за пределами нагреваемого помещения (4.3.5), для ограждений которого определяются теплотехнические характеристики, является наружной температурой.

4.3.6 Перепад между температурой в помещении (в установившемся режиме) и температурой наружного воздуха (25 ± 5) °С.

4.3.7 Все окна, двери помещения подвижного состава должны быть закрыты, электрооборудование и устройство кондиционирования воздуха выключены. Отверстия для забора воздуха извне и выпуска отводимого воздуха должны быть плотно закрыты (без дополнительной теплоизоляции). Межвагонные проходы без дверей блокируются временной панелью. Панель должна быть теплоизолирована (коэффициент теплопередачи менее 0,5 Вт/(м^2 · °С)), герметизирована и надежно закреплена на подвижном составе.

4.4 Требования к средствам измерений (измерительной аппаратуре), испытательному оборудованию

4.4.1 Применяемые средства измерения должны быть утвержденного типа и поверены.

4.4.2 Измерение температуры воздуха производят термоизмерительной аппаратурой с погрешностью ±0,25 °С. Средства измерения температуры должны обеспечивать возможность одновременного измерения температуры в точках, указанных в 4.5.4.

4.4.3 Измерение потребляемой нагревателями электрической мощности проводится ваттметром (иными средствами измерения мощности) с погрешностью не более 2 %. Могут использоваться средства измерения силы электрического тока и напряжения в цепи питания электронагревателей для последующего расчета потребляемой мощности, допускается определение средней потребляемой электрической мощности по показаниям счетчиков расхода электроэнергии за период измерения при условии обеспечения требуемой точности.

4.4.4 Линейные размеры измеряют рулеткой по ГОСТ 7502 класса точности 3.

4.4.5 Для регистрации времени измерений используют секундомер (часы-секундомер, хронограф), обеспечивающие измерение времени в течение не менее 24 ч с погрешностью ±1 с.

4.4.6 Скорость движения воздуха измеряют термоанемометром (анемометром) с погрешностью не более 0,2 м/с.

4.4.7 Испытательное оборудование (панель, иное средство герметизации открытых проходов) должно быть аттестовано в соответствии с ГОСТ Р 8.568. Вспомогательное оборудование (электронагреватели, вентиляторы, тепловентиляторы) подвергают периодической проверке технического состояния в соответствии с указаниями, содержащимися в инструкциях по эксплуатации этого оборудования или в паспортах на них.

4.5 Порядок проведения испытаний на этапе прогрева до выхода на стабильный температурный режим

4.5.1 Устанавливают подвижной состав по 4.3.2.

4.5.2 Проводят измерения, необходимые для расчета площади наружной поверхности ограждения помещения подвижного состава, м^2, (стен, крыши, днища, торцевых частей).

Для отдельных специальных форм кузова методика расчета площади поверхности ограждения определяется на основе данных конструкторской документации.

4.5.3 В помещении объекта испытаний устанавливают электронагреватели, вентиляторы (тепловентиляторы) в соответствии с 4.3.5.

4.5.4 Внутри помещения подвижного состава и снаружи устанавливают средства измерения температуры воздуха (подключают термоизмерительную аппаратуру и термодатчики).

Размещение термодатчиков или иных средств измерения внутри помещения объемом до 15 м^3 осуществляется не менее чем в 9 точках, внутри помещения объемом более 15 м^3 — не менее чем в 18 точках, равномерно распределенных по объему помещения.

Термодатчики измерительной аппаратуры (иные средства измерения температуры воздуха), снаружи устанавливают с двух боковых сторон от объекта испытаний.

Расположение точек измерения температуры воздуха представлено в приложении А.

Проверяют соблюдение условий по 4.3.3. Измерение скорости движения наружного воздуха проводят с двух боковых сторон от объекта испытаний (по одной точке на расстоянии 200 мм от каждой стороны) на высоте 1,5 м от уровня пола помещения объекта испытания.

4.5.5 Подключают ваттметр или электросчетчик для измерения мощности Q, Вт, потребляемой электронагревателями (или средства измерения силы электрического тока I, А, и напряжения U, В, в цепи питания электронагревателей для последующего расчета мощности Q).

4.5.6 Закрывают все вентиляционные и технологические отверстия, окна, двери в помещении подвижного состава в соответствии с 4.3.7, включают установленные электронагреватели, вентиляторы (тепловентиляторы) и начинают прогрев помещения в соответствии с 4.3.5.

4.5.7 Продолжительность подготовительного прогрева помещения объемом до 15 м^3 составляет не менее 8 ч, а помещения объемом более 15 м^3 — не менее 12 ч.

4.5.8 В период подготовительного прогрева через равные промежутки времени продолжительностью не более 30 мин проводят измерения следующих показателей:

- температура воздуха в помещении объекта испытаний $t_{вн}$, °С, одновременно во всех точках, указанных в 4.5.4;

- температура наружного воздуха $t_{нар}$, °С, одновременно во всех точках, указанных в 4.5.4.

Для записи результатов измерений рекомендуется использовать форму, приведенную в приложении Б.

4.6 Порядок проведения испытаний на этапе поддержания стабильного температурного режима

4.6.1 Подготовительный этап заканчивается при выполнении требований 4.5.7 и при условии установления в помещении объекта испытаний стабильного температурного режима. При этом в течение последних 2 ч подготовительного этапа отсутствует непрерывное повышение (снижение) средней температуры воздуха в помещении подвижного состава, а ее колебание не превышает ±0,5 °С в час. Фиксируют время установления стабильного температурного режима в помещении объекта испытаний (начало и окончание первых 2 ч стабильного температурного режима).

4.6.2 На следующем (основном) этапе испытаний в течение одного часа (то есть третьего часа от начала стабильного температурного режима) через каждые 5 мин проводят измерения показателей, указанных в 4.5.8, через каждые 10 мин показателей, указанных в 4.5.5, а также не менее двух раз (в начале и в конце основного этапа испытаний) проводят измерение скорости движения наружного воздуха.

Результаты измерений сохраняют, используя форму, приведенную в приложении Б.

4.7 Обработка результатов испытаний

4.7.1 По результатам измерений в соответствии с 4.6.2 вычисляют средние значения температуры воздуха внутри помещения подвижного состава и температуры наружного воздуха, средний перепад между температурой воздуха в помещении подвижного состава и температурой наружного воздуха, среднее значение теплового потока в установившемся (стабильном) температурном режиме.

4.7.1.1 Средняя температура воздуха в помещении $t_{вн}^{ср}$, °С:

$$t_{вн}^{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left[\frac{\sum_{j=1}^{m}(t_{вн\,ji})}{m}\right]}{n}, \qquad (2)$$

где j — номер точки измерения (по приложению А);

m — число точек измерения;

$t_{вн ji}$ — температура воздуха в j-й точке помещения в i-й момент времени измерений;

i — порядковый номер измерений по времени (в m точках), с указанной в 4.6.2 периодичностью;

n — число измерений по времени (в m точках), с указанной в 4.6.2 периодичностью.

4.7.1.2 Средняя температура наружного воздуха $t_{нар}^{ср}$, °С:

$$t_{нар}^{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{t_{н1i} + t_{н2i}}{2}\right)}{n}, \qquad (3)$$

где $t_{н1i}$, $t_{н2i}$ — температура наружного воздуха в двух точках по 4.5.4 в i-й момент времени;

i — порядковый номер измерений по времени (в 2 точках), с указанной в 4.6.2 периодичностью;

n — число измерений по времени (в 2 точках), с указанной в 4.6.2 периодичностью.

4.7.1.3 Средний перепад между температурой воздуха в помещении объекта испытаний и температурой наружного воздуха $\Delta t_{ср.}$, °С, вычисляют, подставляя величины, полученные в 4.7.1.1 и 4.7.1.2:

$$\Delta t_{ср} = t_{вн}^{ср} - t_{нар}^{ср}. \qquad (4)$$

4.7.1.4 Средний тепловой поток, проходящий через ограждение помещения подвижного состава в стабильном температурном режиме, Вт:

$$Q_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Q_i}{n}, \quad (5)$$

где Q_i — мощность нагревателей, измеренная в i-й момент времени, Вт;

i — порядковый номер измерений по времени с указанной в 4.6.2 периодичностью;

n — число измерений по времени с указанной в 4.6.2 периодичностью.

Допускается рассчитывать мощность по измеренным значениям силы тока I_i, А, и напряжения U_i, В, в цепи питания электронагревателей (при отсутствии реактивной составляющей нагрузки):

$$Q_i = \sum_{i=1}^{n} (I_i \cdot U_i), \quad (6)$$

где i — порядковый номер измерений по времени с указанной в 4.6.2 периодичностью;

n — число измерений по времени с указанной в 4.6.2 периодичностью.

4.7.2 Рассчитывают средний коэффициент теплопередачи ограждения $K_{ср}$, Вт/(м^2 · °С), подставляя в формулу (7) расчетные значения наружной площади ограждения (4.5.2), среднего теплового потока (4.7.1.4) и разности внутренней и наружной температур воздуха (4.7.1.3):

$$K_{ср} = \frac{Q_{ср}}{F \cdot \Delta t_{ср}}. \quad (7)$$

4.7.3 Результаты расчетов сохраняют, используя форму, приведенную в приложении В.

4.8 Оценка погрешности испытаний (точность метода определения среднего коэффициента теплопередачи ограждений помещения)

Оценку погрешности испытаний (погрешности результата косвенного измерения среднего коэффициента теплопередачи) выполняют согласно рекомендациям [4].

Точность определения среднего коэффициента теплопередачи ограждений помещения зависит от точности результатов прямых измерений напряжения U и силы тока I (или мощности нагревателей Q), разницы (перепада) температур Δt, площади ограждения F.

Значение погрешности косвенного измерения среднего коэффициента теплопередачи (Вт/м^2 · °С) определяют по формуле 8.

$$\varepsilon_к = \sqrt{\left(\frac{\partial K_{ср}}{\partial U}\right)^2 \cdot \varepsilon_U^2 + \left(\frac{\partial K_{ср}}{\partial I}\right)^2 \cdot \varepsilon_I^2 + \left(\frac{\partial K_{ср}}{\partial \Delta t}\right)^2 \cdot \varepsilon_{\Delta t}^2 + \left(\frac{\partial K_{ср}}{\partial F}\right)^2 \cdot \varepsilon_F^2}, \quad (8)$$

где $\left(\frac{\partial K_{ср}}{\partial U}\right), \left(\frac{\partial K_{ср}}{\partial I}\right), \left(\frac{\partial K_{ср}}{\partial \Delta t}\right), \left(\frac{\partial K_{ср}}{\partial F}\right)$ — частные производные функции $K_{ср}$, вычисленные при значении переменных, соответствующих значениям $U_{ср}$, $I_{ср}$, $\Delta t_{ср}$, F, определяемые по приложению Г;

$\varepsilon_U, \varepsilon_I, \varepsilon_{\Delta t}, \varepsilon_F$ — погрешности результатов измерения величин U, I, Δt, F, определяемые по приложению Г.

Результат косвенного измерения коэффициента теплопередачи $K_{ср}$ с вероятностью 0,95 находится в пределах $K_{ср\,изм} - \varepsilon_к < K_{ср} < K_{ср\,изм} + \varepsilon_к$, где $K_{ср\ изм}$ — значение, полученное при обработке результатов измерений.

5 Метод испытаний по определению показателя «температурный коэффициент герметичности помещений»

5.1 Общие положения

5.1.1 Метод определения температурного коэффициента герметичности помещения $H_{\Delta t} = f(\Delta t)$, 1/(ч · °С) основан на определении количества инфильтрационного воздуха, поступающего в единицу объема этого помещения в единицу времени под действием естественного воздухообмена, вызванного разностью температур воздуха, $\Delta t_{ср}$, °С, и влагосодержания снаружи и внутри помещения.

5.1.2 При определении температурного коэффициента герметичности осуществляют:

- измерение влагосодержания воздуха (или определение влагосодержания по измеренной абсолютной влажности) после прогрева помещения и установления стабильного температурного режима:

а) снаружи помещения подвижного состава d_0, кг/кг$_{сух. возд}$;

б) внутри помещения подвижного состава $d_н$, кг/кг$_{сух. возд}$, и d_τ, кг/кг$_{сух. возд}$ ($d_н$ и d_τ — влагосодержания до и после увлажнения воздуха);

- определение количества поступившей в помещение объекта испытаний влаги X, кг, за время увлажнения воздуха $\Delta\tau$, ч;

- измерение объема помещения объекта испытаний V, м^3, и определение плотности находящегося в нем сухого воздуха ρ_c, кг/м^3;

- последующий расчет коэффициента герметичности помещения $H_{\Delta t}$ по формуле

$$H_{\Delta t} = \frac{1}{\Delta t_{ср}} \cdot \frac{\left(d_н + \frac{X}{\rho_c V} - d_\tau\right)}{\Delta\tau \cdot (d_\tau - d_0)}. \qquad (9)$$

5.1.3 Порядок отбора образцов для испытаний по определению коэффициентов герметичности по 4.2.

5.2 Общие требования, предъявляемые к условиям и проведению испытаний

5.2.1 Общий порядок проведения испытаний по 4.3.1, установки подвижного состава по 4.3.2, значения показателей состояния наружного воздуха по 4.3.3, подготовка помещений по 4.3.7.

5.2.2 В процессе испытаний осуществляется нагрев воздуха в помещении подвижного состава. По состоянию внутренней среды помещения процесс испытаний разделяется на два этапа:

- прогрев воздуха в помещении объекта испытаний до установления стабильного температурного режима (подготовительный этап);

- поддержание в помещении объекта испытаний стабильного температурного режима и увлажнение воздуха (основной этап испытаний по определению коэффициента герметичности).

5.2.3 Прогрев помещений по 4.3.5—4.3.6.

В связи с идентичностью условий проведения испытаний в части нагрева помещения до установления стабильного температурного режима по 4.3.3, испытания по определению температурного коэффициента герметичности помещения допускается проводить сразу после испытаний по определению коэффициент теплопередачи ограждений помещений. В этом случае сразу приступают к основному этапу испытаний (увлажнение воздуха и измерение по 5.5).

5.2.4 Испытания проводятся при относительной влажности наружного воздуха не более 60 %.

5.2.5 Основной этап испытаний (увлажнение воздуха) осуществляется при условии, что внутри помещения подвижного состава влагосодержание d, кг/кг$_{сух. возд}$, не превышает значение, при котором на внутренней поверхности кузова начинается конденсация влаги.

5.3 Требования к средствам измерений (измерительной аппаратуре), испытательному оборудованию

5.3.1 Применяемые средства измерения должны быть утвержденного типа и поверены.

5.3.2 Измерение температуры воздуха производят термоизмерительной аппаратурой с погрешностью ±0,25 °С. Средства измерения температуры должны обеспечивать возможность одновременного измерения температуры в точках, указанных в 5.4.4.

5.3.3 Измерение абсолютной влажности (влагосодержания) производят с помощью термогигрометров (иных приборов, предназначенных для измерения влажности (влагосодержания) в помещениях) с погрешностью по абсолютной влажности не более $0{,}1 \cdot 10^{-3}$ кг/м^3 (по влагосодержанию не более $0{,}1 \cdot 10^{-3}$ кг/кг$_{сух. возд}$).

5.3.4 Линейные размеры измеряют рулеткой по 4.4.4.

5.3.5 Регистрацию времени измерений производят секундомером по 4.4.5.

5.3.6 Вспомогательное оборудование (электронагреватели, вентиляторы (тепловентиляторы), увлажнители воздуха) подвергают периодической проверке технического состояния в соответствии с указаниями, содержащимися в инструкциях по эксплуатации этого оборудования или в паспортах на них.

5.3.7 Объем жидкости, используемый на увлажнение воздуха, определяют с помощью мерного цилиндра 250 см^3 по ГОСТ 1770 класса точности 2.

5.3.8 Давление воздуха измеряют барометром с погрешностью не более 500 Па.

5.3.9 Скорость движения воздуха измеряют термоанемометром (анемометром) с погрешностью не более 0,2 м/с.

5.4 Порядок проведения подготовительного этапа испытаний по определению температурного коэффициента герметичности помещения

5.4.1 Порядок установки подвижного состава по 4.3.2.

5.4.2 Проводят измерения, необходимые для расчета объема помещения (по внешней ограждающей поверхности) V, м^3.

5.4.3 Закрывают все вентиляционные и технологические отверстия, окна, двери испытываемого помещения.

5.4.4 Внутри помещения и снаружи устанавливают средства измерения температуры воздуха и влажности (или влагосодержания).

Измерение температуры, абсолютной влажности (влагосодержания) осуществляется:

- снаружи помещения с двух боковых сторон от объекта (по одной точке, расположенной в 200 мм от каждой стороны) на высоте 1,5 м от уровня пола помещения объекта испытания;

- в помещении объекта испытаний на уровне 1,5 м от пола (при объеме до 15 м^3 — не менее чем в 2 точках, при объеме более 15 м^3 — не менее чем в 3 точках, равномерно распределенных по объему помещения, с порядковыми номерами j = 1,2, ...m).

Устанавливают средство измерения давления воздуха.

5.4.5 В помещении объекта устанавливают и включают электронагреватели.

5.4.6 Продолжительность прогрева помещения составляет не менее 8 ч для помещений объемом до 15 м^3, и не менее 12 ч для помещений объемом более 15 м^3. В этот период ведут измерение (через равные промежутки времени продолжительностью не более 30 мин) и запись температуры воздуха в помещении объекта испытаний с целью определения момента выхода на стабильный режим.

5.4.7 Подготовительный период заканчивается при установлении в помещении объекта испытаний стабильного температурного режима по 4.6.1.

5.5 Порядок проведения основного этапа испытаний по определению температурного коэффициента герметичности помещения

5.5.1 Измеряют абсолютную влажность воздуха f_0, кг/м^3 (влагосодержание d_0, кг/кг$_{\text{сух. возд}}$), снаружи (в закрытом помещении) в двух точках по 5.4.4 не менее 2 раз (в начале и в конце основного этапа испытаний), относительную влажность наружного воздуха φ_0, %, с целью оценки соответствия 5.2.4, скорость движения воздуха снаружи помещения с целью оценки соответствия 4.3.3 и температуру наружного воздуха, t_0 °С. Одновременно с измерением влажности измеряют давление воздуха, P, Па.

5.5.2 Проводят измерение абсолютной влажности $f_н$, кг/м^3, (влагосодержания $d_н$, кг/кг$_{\text{сух. возд}}$) воздуха, а также температуры $t_н$, °С, в помещении объекта испытаний в точках по 5.4.4 в установившемся режиме перед началом увлажнения воздуха (начальный момент основного этапа испытаний и начальное состояние воздуха).

5.5.3 Начинают увлажнение воздуха (электроувлажнителями распылительного типа или иными средствами увлажнения воздуха).

Фиксируют время начала увлажнения воздуха.

5.5.4 В процессе увлажнения воздуха измеряют абсолютную влажность (влагосодержание) и температуру воздуха в помещении объекта испытаний в точках по 5.4.4 для помещений:

- объемом до 15 м^3 через каждые 5 мин в течение 30 мин;

- объемом более 15 м^3 через каждые 10 мин в течение 60 мин.

Проверяется соблюдение условия, изложенного в 5.2.5. График определения значения влагосодержания, при котором начинается конденсация влаги на внутренней поверхности кузова (в зависимости от температуры наружного воздуха) приведен в приложении Е (рисунок Е.1).

Последние значения абсолютной влажности воздуха f_τ, кг/м^3, (влагосодержания, d_τ, кг/кг$_{\text{сух. возд}}$) принимают в расчет по формуле (11).

5.5.5 В конце испытаний определяют объем воды, который был израсходован на увлажнение воздуха, $G_{\text{исп}}$, см^3.

Для записи результатов измерений рекомендуется использовать форму, приведенную в приложении Д.

5.6 Обработка результатов испытаний

5.6.1 Влагосодержание воздуха $d_н$, кг/кг$_{сух.\ возд}$, в помещении объекта испытаний перед началом увлажнения определяют по формуле

$$d_н = \frac{\sum_{j=1}^{m} d_{нj}}{m} = \frac{\sum_{j=1}^{m} \frac{f_{нj}}{\rho_{сн}}}{m}, \quad (10)$$

где j — номер точки измерения по 5.4.4;

$f_{нj}$ — абсолютная влажность, кг/м^3 ($d_{нj}$ — влагосодержание, кг/кг$_{сух.\ возд}$) в j-й точке измерения в начальный момент времени (перед увлажненим воздуха);

$\rho_{сн}$ — плотность сухого воздуха перед началом увлажнения по формуле (17), кг$_{сух.\ возд.}$/м^3;

m — число точек измерения.

Влагосодержание воздуха в помещении объекта испытаний в конце испытаний $d_τ$, определяют по формуле

$$d_τ = \frac{\sum_{j=1}^{m} d_{τj}}{m} = \frac{\sum_{j=1}^{m} \frac{f_{τj}}{\rho_{сτ}}}{m}, \quad (11)$$

где j — номер точки измерения;

$f_{τj}$ — абсолютная влажность, кг/м^3 ($d_{τj}$ — влагосодержание, кг/кг$_{сух.\ возд}$) в j-й точке измерения в конце увлажнения воздуха;

$\rho_{сτ}$ — плотность сухого воздуха (внутреннего) в конце увлажнения по формуле (18), кг$_{сух.\ возд.}$/м^3;

m — число точек измерения.

Влагосодержание воздуха d_0, кг/кг$_{сух.\ возд}$, снаружи определяют по формуле

$$d_0 = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{d_{01i} + d_{02i}}{2} \right)}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{f_{01i} + f_{02i}}{2\rho_{coi}} \right)}{n}, \quad (12)$$

где f_{01i}, f_{02i} — абсолютная влажность наружного воздуха (d_{01i}, d_{02i} влагосодержание) в двух точках по 5.4.4 в i-й момент времени;

i — порядковый номер измерений по времени (в 2 точках), с периодичностью по 5.5.1;

n — число измерений по времени, с периодичностью по 5.5.1;

ρ_{coi} — плотность сухого воздуха (наружного) в i-й момент времени основного этапа испытаний по формуле (19), кг$_{сух.\ возд.}$/м^3.

5.6.2 Поступление влаги в помещение X, кг, определяют по формуле

$$X = \frac{G_{исп}}{1000} \cdot \rho_в, \quad (13)$$

где $G_{исп}$ — объем воды, использованной на увлажнение воздуха, см^3;

$\rho_в$ — плотность воды, определяемая по таблице Е.1 приложения Е (при измеренном в этот момент значении температуры воздуха), кг/м^3.

5.6.3 Средний перепад между температурой воздуха в помещении объекта испытаний и температурой наружного воздуха $\Delta t_{ср}$, °С, вычисляют по формуле

$$\Delta t_{ср} = t_{вн}^{ср} - t_{нар}^{ср}. \quad (14)$$

5.6.3.1 Среднюю температуру воздуха в помещении, $t_{вн}^{ср}$, °С, определяют по формуле

$$t_{вн}^{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left[\frac{\sum_{j=1}^{m} (t_{вн\ ji})}{m} \right]}{n}, \quad (15)$$

где j — номер точки измерения (в соответствии с 5.4.4);

m — число точек измерения;

$t_{вн\ ij}$ — температура воздуха в j-й точке помещения в i-й момент времени измерений;

i — порядковый номер измерений по времени с указанной в 5.5.4 периодичностью;

n — число измерений по времени с указанной в 5.5.4 периодичностью.

5.6.3.2 Среднюю температуру наружного воздуха $t_{нар}^{ср}$, °С, определяют по формуле

$$t_{нар}^{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{t_{н1i} + t_{н2i}}{2}\right)}{n}, \quad (16)$$

где $t_{н1i}$, $t_{н2i}$ — температура наружного воздуха в двух точках по 5.4.4 в i-й момент времени;

i — порядковый номер измерений по времени (в 2 точках), с периодичностью по 5.5.1;

n — число измерений по времени (в 2 точках), с периодичностью по 5.5.1.

5.6.4 Плотность сухого воздуха внутри помещения объекта испытаний перед началом увлажнения $\rho_{сн}$, кг/м^3, определяют по формуле

$$\rho_{сн} = \frac{P_1}{R(t_{вн1}^{ср} + 273{,}15)}, \quad (17)$$

где P_1 — давление воздуха перед началом увлажнения, Па;

$t_{вн1}^{ср}$ — температура средняя из измерений в m точках внутреннего объема помещения перед началом увлажнения, °С;

R = 287 Дж/(кг · К) универсальная газовая постоянная для сухого воздуха.

Плотность сухого воздуха внутри помещения объекта испытаний в конце увлажнения $\rho_{ст}$, кг/м^3, определяют по формуле

$$\rho_{ст} = \frac{P_n}{R(t_{внn}^{ср} + 273{,}15)}, \quad (18)$$

где P_n — давление воздуха в конце увлажнения, Па;

$t_{внn}^{ср}$ — температура средняя из измерений в m точках внутреннего объема помещения в конце увлажнения, °С.

Плотность сухого наружного воздуха в i-й момент времени основного этапа испытаний $\rho_{соi}$, кг/м^3, определяют по формуле

$$\rho_{соi} = \frac{P_i}{R(t_{нарi}^{ср} + 273{,}15)}, \quad (19)$$

где P_i — давление воздуха в i-й момент времени основного этапа испытаний, Па;

$t_{нарi}^{ср}$ — температура средняя из измерений в двух точках снаружи помещения в i-й момент времени, °С.

Среднюю плотность сухого воздуха внутри помещения объекта испытаний $\rho_с$, кг/м^3, определяют по формуле

$$\rho_с = \frac{\frac{\sum_{i=1}^{n} P_i}{n}}{R(t_{вн}^{ср} + 273{,}15)}. \quad (20)$$

5.6.5 Коэффициент герметичности (температурный) определяют по формуле (9).

5.6.6 Исходные данные и результаты расчета температурного коэффициента герметичности рекомендуется сохранять по форме, приведенной в приложении Ж.

5.7 Оценка погрешности испытаний (точность метода определения температурного коэффициента герметичности помещения)

Оценку погрешности испытаний (погрешности результата косвенного измерения температурного коэффициента герметичности) выполняют согласно рекомендациям [4].

Точность определения температурного коэффициента герметичности помещения зависит от точности результатов прямых измерений влагосодержания $d_н$, $d_τ$, d_0 объема помещения V, температуры воздуха t, времени испарения жидкости τ, количества испарившейся в процессе испытания влаги X и плотности воздуха ρ.

Значение погрешности косвенного измерения температурного коэффициента герметичности, $H_{\Delta t}$, 1/(ч · °С), определяют по формуле

$$\varepsilon_{н} = \sqrt{\left(\frac{\partial H_{\Delta t}}{\partial X}\right)^2 \cdot \varepsilon_X^2 + \left(\frac{\partial H_{\Delta t}}{\partial \rho}\right)^2 \cdot \varepsilon_\rho^2 + \left(\frac{\partial H_{\Delta t}}{\partial V}\right)^2 \cdot \varepsilon_V^2 + \left(\frac{\partial H_{\Delta t}}{\partial d_{н}}\right)^2 \cdot \varepsilon_{d_{н}}^2 + \left(\frac{\partial H_{\Delta t}}{\partial d_\tau}\right)^2 \cdot \varepsilon_{d_\tau}^2 + \left(\frac{\partial H_{\Delta t}}{\partial d_0}\right)^2 \cdot \varepsilon_{d_0}^2 + \left(\frac{\partial H_{\Delta t}}{\partial \tau}\right)^2 \cdot \varepsilon_\tau^2 + \left(\frac{\partial H_{\Delta t}}{\partial \Delta t}\right)^2 \cdot \varepsilon_{\Delta t}^2}, \quad (21)$$

где $\left(\frac{\partial H_{\Delta t}}{\partial X}\right), \left(\frac{\partial H_{\Delta t}}{\partial \rho}\right), \left(\frac{\partial H_{\Delta t}}{\partial V}\right), \left(\frac{\partial H_{\Delta t}}{\partial d_{н}}\right), \left(\frac{\partial H_{\Delta t}}{\partial d_\tau}\right), \left(\frac{\partial H_{\Delta t}}{\partial d_0}\right), \left(\frac{\partial H_{\Delta t}}{\partial \tau}\right), \left(\frac{\partial H_{\Delta t}}{\partial \Delta t}\right)$ — частные производные функции $H_{\Delta t}$, определяемые по приложению И;

$\varepsilon_X, \varepsilon_\rho, \varepsilon_V, \varepsilon_{d_{н}}, \varepsilon_{d_0}, \varepsilon_\tau, \varepsilon_{\Delta t}$ — погрешности результатов измерения величин X, ρ, V, $d_{н}$, d_τ, d_0, τ, t, определяемые по приложению И.

Результат косвенного измерения температурного коэффициента герметичности $H_{\Delta t}$ с вероятностью 0,95 находится в пределах $H_{\Delta t\,изм} - \varepsilon_{н} < H_{\Delta t} < H_{\Delta t\,изм} + \varepsilon_{н}$, где $H_{\Delta t\,изм}$ — значение, полученное при обработке результатов измерений.

6 Оформление результатов испытаний

Результаты приемочных испытаний оформляют протоколом испытаний в соответствии с требованиями ГОСТ Р 15.201 (подпункты 6.5.12, 6.5.13), сертификационных — в соответствии с техническим регламентом [2] (статья 6, пункты 39, 40) и техническим регламентом [3] (статья 6, пункты 42, 43).

Результаты периодических и типовых испытаний оформляют протоколом в соответствии с требованиями ГОСТ 15.309 (пункты 7.7, А.9 приложения А).

Результаты измерений в процессе испытаний документально фиксируют по формам, приведенным в приложениях Б и Д, а результаты обработки указанных данных отражают по формам, приведенным в приложениях В и Ж.

Расположение точек измерения температуры воздуха, расположение нагревательных устройств, вентиляторов, увлажнителей геометрические параметры помещения подвижного состава (объекта испытаний) подробно фиксируются письменно. Записываются идентификационные характеристики применяемых средств измерений и испытательного оборудования.

Нормативные значения теплотехнических показателей и фактические данные, полученные при испытаниях, отражаются в протоколе (протоколах) испытаний.

7 Требования безопасности при проведении испытаний

7.1 К проведению испытаний допускают работников, прошедших обучение, инструктажи и проверку знаний требований охраны труда по ГОСТ 12.0.004. Во время проведения испытаний работники должны соблюдать требования охраны труда и правила внутреннего трудового распорядка, установленные в организации, на территории которой проводятся испытания.

7.2 По электробезопасности применяемое электрооборудование должно относиться к 1 классу защиты от поражения электрическим током по ГОСТ 12.2.007.0. При установке, подключении к источнику питания и работе электрооборудования должны соблюдаться требования безопасности в соответствии с ГОСТ 27570.0.

7.3 При проведении испытаний не допускается:

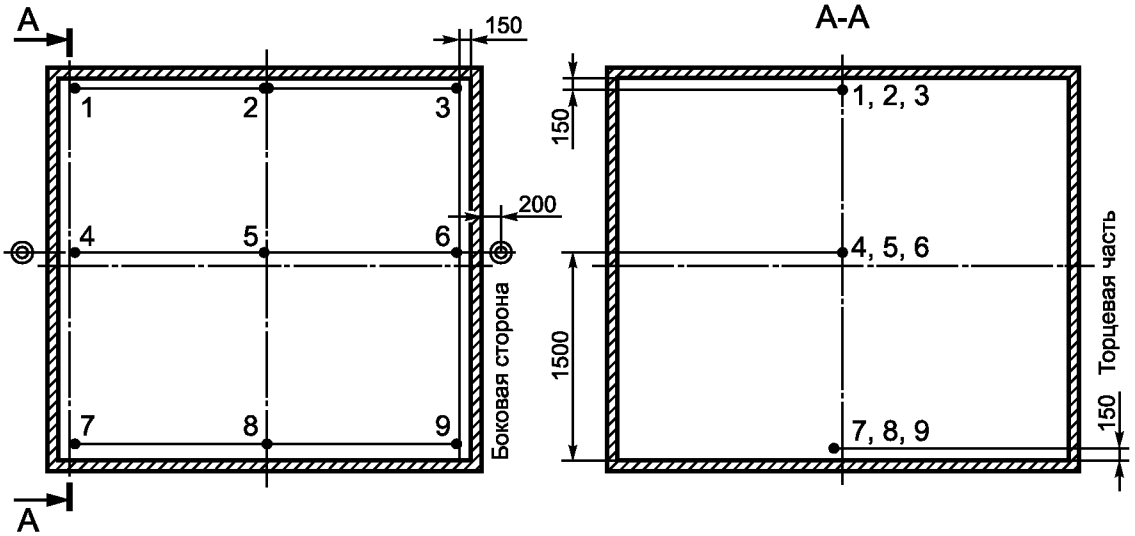
- проводить какие-либо работы, не предусмотренные порядком проведения испытаний (раздел 4, 5);
- лицам, не участвующим в испытаниях, находиться в помещениях испытываемого подвижного состава.

7.4 Монтаж датчиков с наружной поверхности подвижного состава должен проводиться при соблюдении правил по охране труда при работе на высоте [5].

7.5 При установке оборудования и проведении измерений обеспечивают освещенность не менее 200 лк.

Приложение А
(обязательное)

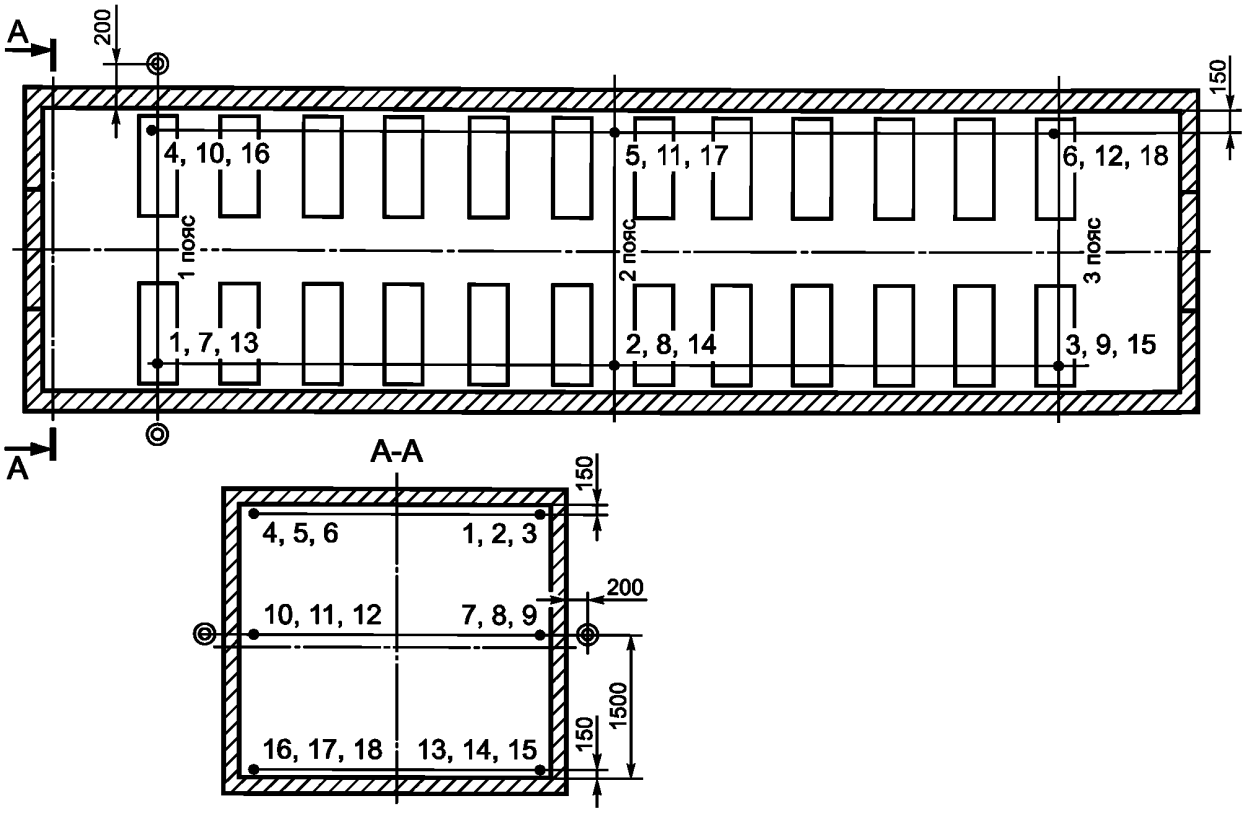
Размещение точек измерения температуры воздуха (установки датчиков температуры)



● – точки измерения температуры воздуха в помещении ($t_{вн}$). Цифры от 1 до 9 на схеме обозначают номера точек измерения;

◎ – точки измерения температуры наружного воздуха ($t_{нар}$)

Рисунок А.1 — Схема размещения точек измерения температуры в помещении объемом до 15 м^3, мм



● – точки измерения температуры воздуха в помещении ($t_{вн}$). Цифры от 1 до 18 на схеме обозначают номера точек измерения;

◎ – точки измерения температуры наружного воздуха ($t_{нар}$)

Рисунок А.2 — Схема размещения точек измерения температуры в помещении объемом более 15 м^3, мм

Приложение Б
(справочное)

Форма записи результатов измерений в испытаниях по определению среднего коэффициента теплопередачи ограждений помещения

Таблица Б.1 — Результаты измерения температуры воздуха в помещении объемом до 15 м^3

Время измерения (ч/мин)	Наружная температура, °С		Скорость движения воздуха, м/сек		Температура воздуха в помещении (точки 1—9), $t_{вн.j}$, °С									
	$t_{н1}$	$t_{н2}$			1	2	3	4	5	6	7	8	9	Средний результат $t_{вн}^{ср}$, °С

Таблица Б.2 — Результаты измерения температуры воздуха в помещении объемом более 15 м^3

Время измерения (ч/мин)	Наружная температура, °С		Скорость движения воздуха, м/сек		Температура воздуха в помещении, $t_{вн.j}$, °С									
					Правая сторона									
					I пояс (точки 4, 10, 16)			II пояс (точки 5,11,17)			III пояс (точки 6, 12, 18)			
	$t_{н1}$	$t_{н2}$			150 мм от потолка 4	1500 мм от пола 10	150 мм от пола 16	150 мм от потолка 5	1500 мм от пола 11	150 мм от пола 17	150 мм от потолка 6	1500 мм от пола 12	150 мм от пола 18	Средний результат $t_{вн}^{ср}$, °С
Левая сторона														
					I пояс (точки 1, 7, 13)			II пояс (точки 2, 8, 14)			III пояс (точки 3, 9, 15)			
					150 мм от потолка 1	1500 мм от пола 7	150 мм от пола 13	150 мм от потолка 2	1500 мм от пола 8	150 мм от пола 14	150 мм от потолка 3	1500 мм от пола 9	150 мм от пола 15	Средний результат $t_{вн}^{ср}$, °С

Т а б л и ц а Б.3 — Результаты измерения силы тока и напряжения в цепи питания электрообогревателей (или мощности электрообогревателей)

Время измерения (ч/мин)	Сила тока I, А		Напряжение U, В		Мощность электрообогревателей Q, Вт	
	Единичное измерение	Средний результат	Единичное измерение	Средний результат	Единичное измерение	Средний результат

П р и м е ч а н и е — Значения измеренных величин (I и U или Q) вносятся в соответствующие графы таблицы Б.3 (в зависимости от применяемых по 4.3.3 средств измерений).

Приложение В
(справочное)

Форма записи результатов расчета среднего коэффициента теплопередачи ограждений помещения

Т а б л и ц а В.1 — Результаты определения среднего коэффициента теплопередачи ограждений помещения

Средняя температура воздуха в помещении, в котором установлен объект испытаний (наружная)	Средняя температура воздуха в помещении объекта испытаний (внутренняя)	Перепад температур воздуха	Площадь ограждений помещения	Потребляемая мощность электро-нагревателями	Средний коэффициент теплопередачи ограждений
$t_{вн}^{ср}$, °С	$t_{вн}^{ср}$, °С	$\Delta t_{ср} = t_{вн}^{ср} - t_{нар}^{ср}$, °С	F, м^2	$Q_{ср}$, Вт	$K_{ср}$, Вт/(м$^2 \cdot$ °С)
(4.7.1.2)	(4.7.1.1)	(4.7.1.3)		(4.7.1.4)	(4.7.2)

Приложение Г
(справочное)

Вычисление погрешности измерений по определению среднего коэффициента теплопередачи ограждений помещения

Г.1 Доверительные границы случайной погрешности измерений ε (без учета знака) определяют как произведения средних квадратических отклонений S результатов измерений величин U, I, (или Q), Δt, линейных составляющих (a, b) площади F и коэффициента Стьюдента k, соответствующего доверительной вероятности 0,95 и числу измерений n, определяемого по ГОСТ 8.207.

Доверительные границы случайной погрешности измерений:

- напряжения тока на нагревателе

$$\varepsilon_v = k \cdot S(U); \quad (Г.1)$$

- силы тока через нагреватель

$$\varepsilon_I = k \cdot S(I); \quad (Г.2)$$

- мощности нагревателей (вместо (Г.1) и (Г.2))

$$\varepsilon_Q = k \cdot S(Q); \quad (Г.3)$$

- перепада между температурой воздуха в испытываемом помещении и температурой наружного воздуха

$$\varepsilon_{\Delta t} = k \cdot S(\Delta t); \quad (Г.4)$$

- линейных составляющих (a, b) площади ограждения F

$$\varepsilon_a = k \cdot S(a), \ \varepsilon_b = k \cdot S(b). \quad (Г.5)$$

Доверительные границы случайной погрешности определения площади F по Г.5.

Г.2 Среднее квадратическое отклонение результата измерения напряжения U вычисляют по формуле

$$S(U) = \sqrt{S_{\Delta U}^2 + S_{СИ}^2}, \quad (Г.6)$$

где $S_{\Delta U}$ — случайная погрешность измерения напряжений,

$S_{СИ}$ — систематическая погрешность средства измерения.

Случайную погрешность измерения напряжений $S_{\Delta U}$ вычисляют по формуле

$$S_{\Delta U} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(U_{ср} - U_i)^2}{n(n-1)}}, \quad (Г.7)$$

где i — порядковый номер измерений по времени с указанной в 5.5.4 периодичностью;

n — число измерений по времени с указанной в 5.5.4 периодичностью.

$U_{ср}$ — среднее арифметическое измеренных значений напряжения, В, вычисляемое по формуле

$$U_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n} U_i}{n}, \quad (Г.8)$$

где U_i — напряжение в цепи питания электрообогревателей в i-м измерении по времени (в стабильном температурном режиме), В.

Г.3 Среднее квадратическое отклонение результата измерения силы тока I вычисляют по формуле

$$S(I) = \sqrt{S_{\Delta I}^2 + S_{СИ}^2}, \quad (Г.9)$$

где $S_{\Delta I}$ — случайная погрешность измерений силы тока;

$S_{СИ}$ — систематическая погрешность средства измерения.

Случайную погрешность измерений силы тока $S_{\Delta I}$ вычисляют по формуле

$$S_{\Delta I} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(I_{ср} - I_i)^2}{n(n-1)}}, \quad (Г.10)$$

где n — число измерений по времени в стабильном температурном режиме;

$I_{ср}$ — среднее арифметическое измеренных значений силы тока, вычисляемое по формуле

$$I_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n} I_i}{n}, \quad (Г.11)$$

где I_i — ток в цепи питания электрообогревателей в i-м измерении (в стабильном температурном режиме), А.

Г.4 Среднее квадратическое отклонение результата измерения перепада между температурой воздуха в помещении объекта испытаний и температурой наружного воздуха вычисляют по формуле

$$S(\Delta t) = \sqrt{S_{\Delta t}^2 + S_{СИ}^2}, \quad (Г.12)$$

где $S_{\Delta t}$ — случайная погрешность измерений перепада температур воздуха;

$S_{СИ}$ — систематическая погрешность средства измерения температуры.

Случайную погрешность измерений перепада температур воздуха $S_{\Delta t}$ вычисляют по формуле

$$S_{\Delta t} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\Delta t_{ср} - \Delta t_i)^2}{n(n-1)}}, \quad (Г.13)$$

где n — число измерений по времени в стабильном температурном режиме;

$\Delta t_{ср}$ — среднее арифметическое измеренных значений перепадов температур воздуха, вычисляемое по формуле:

$$\Delta t_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta t_i}{n}, \quad (Г.14)$$

где Δt_i — перепад между температурой воздуха в помещении объекта испытаний и температурой наружного воздуха в i-м временном измерении (в стабильном температурном режиме), °С, определяемый по формуле:

$$\Delta t_i = t_{вн\,i}^{ср} - t_{нар\,i}^{ср}, \quad (Г.15)$$

где а) $t_{вн\,i}^{ср}$ — средняя температура воздуха в помещении в i-м временном измерении (в стабильном температурном режиме), вычисляемая по формуле

$$t_{вн\,i}^{ср} = \frac{\sum_{j=1}^{n} t_{вн\,j}}{m}, \quad (Г.16)$$

$t_{вн\,j}$ — температура воздуха в j-й точке помещения в i-м временном измерении;

m — число точек измерения в i-м временном измерении;

б) $t_{нар\,i}^{ср}$ — средняя наружная температура воздуха в i-м временном измерении (в стабильном температурном режиме), вычисляемая по формуле

$$t_{нар\,i}^{ср} = \frac{t_{н1} + t_{н2}}{2}, \quad (Г.17)$$

$t_{н1}$, $t_{н2}$ — температура наружного воздуха в точках 1 и 2 при в i-м временном измерении.

Г.5 Погрешность определения площади зависит от погрешности измерения линейных составляющих (a, b) площади поверхности ограждения. Доверительные границы случайной погрешности определения площади

$$\varepsilon_F = \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial a}\right)^2 \cdot \varepsilon_a^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial b}\right)^2 \cdot \varepsilon_b^2} = \sqrt{b_{ср}^2 \cdot \varepsilon_a^2 + a_{ср}^2 \cdot \varepsilon_b^2}, \quad (Г.18)$$

где ε_a , ε_b по (Г.5).

Г.6 Частные производные функции $K_{ср}$, вычисленные при значении переменных, соответствующих значениям $U_{ср}$, $I_{ср}$, $\Delta t_{ср}$, F, определяют по формулам (Г.19)—(Г.22).

$$\left(\frac{\partial K_{ср}}{\partial U}\right) = \frac{I_{ср}}{\Delta t_{ср} \cdot F}, \quad (Г.19)$$

$$\left(\frac{\partial K_{ср}}{\partial I}\right) = \frac{U_{ср}}{\Delta t_{ср} \cdot F}, \quad (Г.20)$$

$$\left(\frac{\partial K_{ср}}{\partial t}\right) = \frac{U_{ср} \cdot I_{ср}}{\Delta t_{ср}^2 \cdot F}, \quad (Г.21)$$

$$\left(\frac{\partial K_{ср}}{\partial F}\right) = \frac{U_{ср} \cdot I_{ср}}{\Delta t_{ср} \cdot F^2}. \quad (Г.22)$$

Приложение Д
(рекомендуемое)

Форма записи результатов измерений в испытаниях по определению температурного коэффициента герметичности помещения

Таблица Д.1

Время измерения	Состояние наружного воздуха						Состояние воздуха внутри помещения подвижного состава										
	Влажность абсолютная (Влагосодержание*)		Температура		Скорость движения		Влажность относительная	Давление	Влажность абсолютная (Влагосодержание*)					Температура					Объем поступившей влаги
ч мин с	кг/м^3 (кг/кг$_{сух. возд.}$)		°С		м/сек		%	Па	кг/м^3 (кг/кг$_{сух. возд.}$)					°С					см^3
τ	f_0 (d_0)		t_0				φ	P_j	$f_н \div f_\tau$ ($d_н \div d_\tau$)					$t_j \div t_n$					$G_{исп}$
	$f_{01}(d_{01})$	$f_{02}(d_{02})$	t_{01}	t_{02}					j = 1	j = 2	j = 3	...	j = m	j = 1	j = 2	j = 3	...	j = m	
τ_1																			
...																			
τ_n																			
* Значения измеренных величин (f) или (d) вносятся в соответствующие графы таблицы Д (в зависимости от применяемых средств измерений).																			

Приложение Е
(справочное)

Определение значения влагосодержания, при котором начинается конденсация влаги на внутренней поверхности кузова. Определение плотности воды при различной температуре

Е.1 Значение влагосодержания, при котором начинается конденсация влаги на внутренней поверхности кузова, определяют в соответствии с рисунком Е.1.

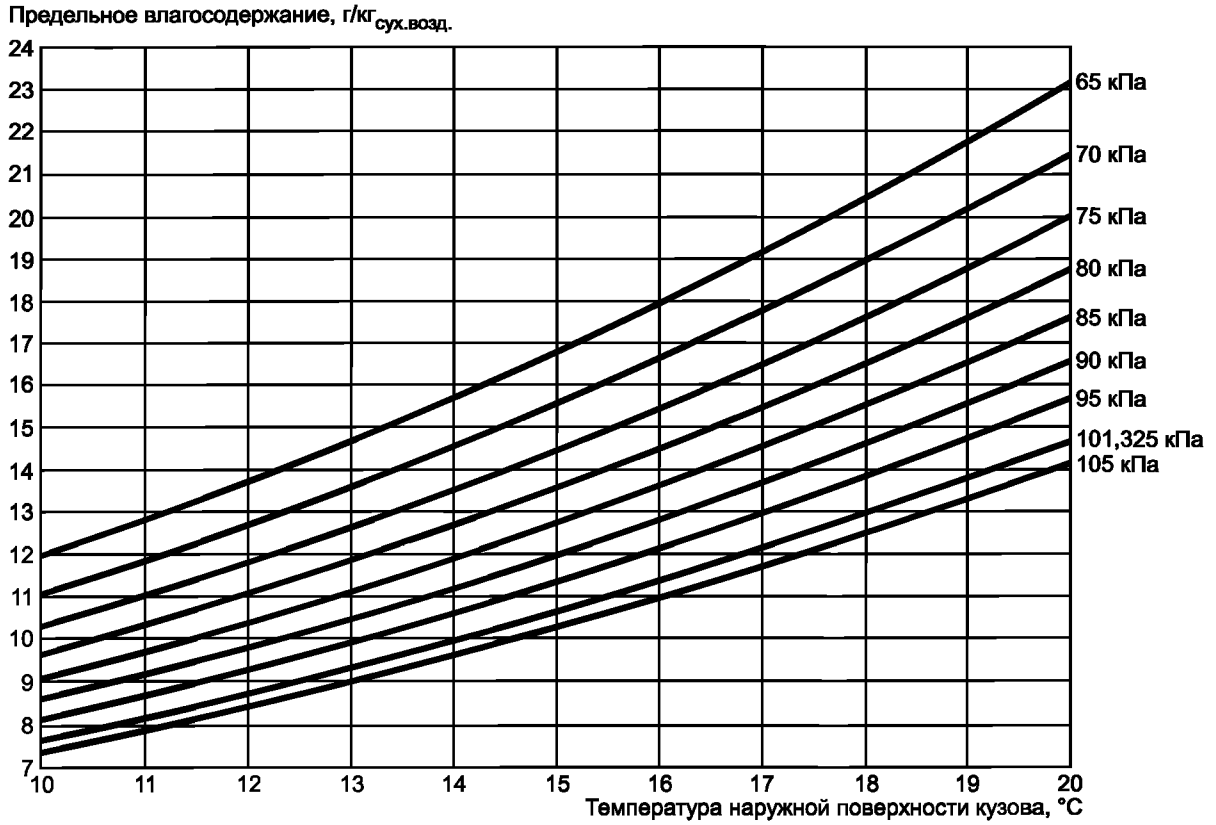


Рисунок Е.1 — Определение значения влагосодержания, при котором начинается конденсация влаги на внутренней поверхности кузова, по значениям температуры наружного воздуха* и барометрического давления

* В качестве предельного значения температуры наружной поверхности кузова принимается измеренное значение температуры наружного воздуха.

Е.2 Значение плотности воды ($\rho_в$) при различной температуре определяют по таблице Е.1

Таблица Е.1

Температура, °С	$\rho_в$, 10^3 кг/м^3	Температура, °С	$\rho_в$, 10^3 кг/м^3
1	0,99993	22	0,99780
2	0,99997	23	0,99757
3	0,99999	24	0,99732
4	1,00000	25	0,99707
5	0,99999	26	0,99681
6	0,99997	27	0,99652
7	0,99993	28	0,99622
8	0,99988	29	0,99592
10	0,99973	30	0,99561
11	0,99963	31	0,99521
12	0,99952	32	0,99479
13	0,99940	33	0,99436
14	0,99927	34	0,99394
15	0,99913	35	0,99350
16	0,99897	40	0,99118
17	0,99880	50	0,98804
18	0,99862	60	0,98318
19	0,99843	70	0,97771
20	0,99823	80	0,97269
21	0,99802	90	0,96534

Приложение Ж
(справочное)

Форма записи результатов расчета температурного коэффициента герметичности помещения

Т а б л и ц а Ж.1 — Результаты определения температурного коэффициента герметичности помещения

Влагосодержание воздуха снаружи помещения, $кг/кг_{сух. возд}$	Влагосодержание воздуха внутри помещения		Время испарения (период увлажнения — основной этап испытаний), ч	Масса испарившейся жидкости, кг	Объем помещения, $м^3$	Плотность сухого воздуха, $кг/м^3$	Разность температур воздуха снаружи и внутри помещения, °С	Температурный коэффициент герметичности, 1/(ч К)
	до начала увлажнения воздуха, $кг/кг_{сух. возд}$	в конце периода увлажнения воздуха, $кг/кг_{сух. возд}$						
d_0	$d_н$	$d_τ$	$\Delta\tau$	X	V	$\rho_с$	Δt	$H_{\Delta t}$

Приложение И
(справочное)

Вычисление погрешности измерений по определению температурного коэффициента герметичности помещений

И.1 Доверительные границы случайной погрешности измерений ε (без учета знака) определяют как произведения средних квадратических отклонений результатов измерений S и коэффициента Стьюдента k, соответствующего доверительной вероятности 0,95 и числу измерений n, определяемого по ГОСТ 8.207.

И.2 Среднее квадратическое отклонение результата измерения перепада между температурой воздуха в помещении объекта испытаний и температурой наружного воздуха вычисляют по формуле

$$S(\Delta t) = \sqrt{S_{\Delta t}^2 + S_{СИ}^2}, \quad (И.1)$$

где $S_{\Delta t}$ — случайная погрешность измерений перепада температур воздуха;

$S_{СИ}$ — систематическая погрешность средства измерения.

Случайную погрешность измерений перепада температур воздуха $S_{\Delta t}$ вычисляют по формуле

$$S_{\Delta t} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (\Delta t_{ср} - \Delta t_i)^2}{n(n-1)}}, \quad (И.2)$$

где i — порядковый номер измерений по времени с указанной в 5.5.4 периодичностью;

n — число измерений по времени с указанной в 5.5.4 периодичностью;

$\Delta t_{ср}$ — среднее арифметическое измеренных значений перепадов температур воздуха, вычисляемое по формуле

$$\Delta t_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta t_i}{n}, \quad (И.3)$$

где Δt_i — перепад между температурой воздуха в помещении объекта испытаний и температурой наружного воздуха в i-м измерении (на этапе влажностных испытаний), °С, определяемый по формуле

$$\Delta t_i = t_{вн\,i}^{ср} - t_{нар\,i}^{ср}, \quad (И.4)$$

где а) $t_{вн\,i}^{ср}$ — средняя температура воздуха в помещении в i-м временном измерении (на этапе влажностных испытаний), вычисляемая по формуле

$$t_{вн\,i}^{ср} = \frac{\sum_{j=1}^{n} t_{вн.\,j}}{m}, \quad (И.5)$$

$t_{вн.j}$ — температура воздуха в j-й точке помещения в i-м временном измерении;

m — число точек измерения в i-м временном измерении;

б) $t_{нар\,i}^{ср}$ — средняя наружная температура воздуха в i-м временном измерении (на этапе влажностных испытаний), вычисляемая по формуле

$$t_{нар\,i}^{ср} = \frac{t_{н1} + t_{н2}}{2}, \quad (И.6)$$

$t_{н1}$, $t_{н2}$ — температура наружного воздуха в точках 1 и 2 в i-м временном измерении.

И.3 Среднее квадратическое отклонение результата измерения влагосодержания вычисляют по формуле

$$S(d) = \sqrt{S_d^2 + S_{СИ}^2}, \quad (И.7)$$

где S_d — случайная погрешность измерений влагосодержания;

$S_{СИ}$ — систематическая погрешность средства измерения.

И.3.1 Случайную погрешность измерений влагосодержания воздуха в помещении в начальный момент влажностных испытаний $d_н$ вычисляют по формуле

$$S(d_н) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{m} (d_{нср} - d_{н\,j})^2}{m(m-1)}}, \quad (И.8)$$

где j — номер точки измерения;

m — число точек измерения.

$d_{н\,ср}$ — среднее арифметическое измеренных значений влагосодержания, вычисляемое по формуле:

$$d_{н\,ср} = \frac{\sum_{j=1}^{m} d_{н\,j}}{m}, \qquad (И.9)$$

где $d_{н\,j}$ — влагосодержание в j-й точке измерении (в начале влажностных испытаний).

И.3.2 Случайную погрешность измерений влагосодержания воздуха в помещении в конечный момент влажностных испытаний d_{τ} вычисляют по формуле

$$S(d_{\tau}) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^{m} (d_{\tau\,ср} - d_{\tau\,j})^2}{m(m-1)}}, \qquad (И.10)$$

где j — номер точки измерения;

m — число точек измерения;

$d_{\tau\,ср}$ — среднее арифметическое измеренных значений влагосодержания, вычисляемое по формуле

$$d_{\tau\,ср} = \frac{\sum_{j=1}^{m} d_{\tau\,j}}{m}, \qquad (И.11)$$

где $d_{\tau\,j}$ — влагосодержание в j-й точке измерении (в конце влажностных испытаний).

И.3.3 Случайную погрешность измерений влагосодержания наружного воздуха d_0 вычисляют по формуле

$$S(d_0) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (d_{0\,ср} - d_{0i})^2}{n(n-1)}}, \qquad (И.12)$$

где i — номер измерения по времени;

n — число измерений по времени;

$d_{0ср}$ — среднее арифметическое измеренных значений влагосодержания, вычисляемое по формуле

$$d_{0ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_{0\,i}}{n}, \qquad (И.13)$$

где $d_{0\,i}$ — влагосодержание в i-й момент времени влажностных испытаний, определяемое по формуле

$$d_{0\,i} = \frac{d_{01i} + d_{02i}}{2}, \qquad (И.14)$$

где d_{01i} и d_{02i} — влагосодержание наружного воздуха в точках 1 и 2 в i-й момент времени.

И.4 Погрешность определения объема зависит от погрешности измерения линейных составляющих (a, b и c) объема помещения. Доверительные границы случайной погрешности определения объема

$$\varepsilon = \sqrt{\left(\frac{\partial V}{\partial a}\right)^2 \cdot \varepsilon_a^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial b}\right)^2 \cdot \varepsilon_b^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial c}\right)^2 \cdot \varepsilon_c^2} = \sqrt{b_{ср}^2\, c_{ср}^2\, \varepsilon_a^2 + a_{ср}^2\, c_{ср}^2\, \varepsilon_b^2 + a_{ср}^2\, b_{ср}^2\, \varepsilon_c^2}, \qquad (И.15)$$

где $\varepsilon_a = S(a) \cdot k$;

$\varepsilon_b = S(b) \cdot k$;

$\varepsilon_c = S(c) \cdot k$;

S(a), $S(b)$, S(c) — средние квадратические отклонения результатов измерения.

И.5 Погрешность определения плотности воздуха ρ_c, кг/м^3, зависит от погрешности измерения абсолютного давления P, Па, и абсолютной температуры T, К.

Доверительные границы случайной погрешности определения плотности

$$\varepsilon_{\rho} = \sqrt{\left(\frac{\partial \rho}{\partial P}\right)^2 \cdot \varepsilon_P^2 + \left(\frac{\partial \rho}{\partial T}\right)^2 \cdot \varepsilon_T^2}, \qquad (И.16)$$

где $\frac{\partial \rho}{\partial P} = \frac{1}{RT}$;

$\frac{\partial \rho}{\partial T} = \frac{P}{RT^2}$;

$\varepsilon_P = S(P) \cdot k$;

$\varepsilon_T = S(T) \cdot k$.

Среднее квадратическое отклонение результата измерения давления вычисляют по формуле

$$S(P) = \sqrt{S_P^2 + S_{СИ}^2}, \quad (И.17)$$

где S_P — случайная погрешность измерений;

$S_{СИ}$ — систематическая погрешность средства измерения.

И.5.1 Случайную погрешность измерений давления воздуха вычисляют по формуле

$$S(P) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_{ср} - P_i)^2}{n(n-1)}}, \quad (И.18)$$

где i — номер измерения по времени;

n — число измерений по времени.

$P_{ср}$ — среднее арифметическое измеренных значений давления, вычисляемое по формуле

$$P_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_i}{n}, \quad (И.19)$$

где P_i — давление в i-й момент времени.

И.5.2 Случайную погрешность измерений температуры воздуха T, К, вычисляют по формуле

$$S(T) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(T_{ср} - T_i)^2}{n(n-1)}}, \quad (И.20)$$

где

$$T_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_i}{n},$$

$$T_i = (273 + t_{вн\,i}^{ср}),$$

R — универсальная газовая постоянная, R = 287 Дж/(кг · К).

И.6 Погрешность измерения количества испарившейся влаги принимается равной 2 %.

И.7 Погрешность измерения времени определяется погрешностью средства измерения.

И.8 Частные производные функции $H_{\Delta t}$, определяют по формулам (И.21)—(И.28)

$$\frac{\partial H_{\Delta t}}{\partial X} = \frac{1}{\rho \cdot V \cdot (d_\tau - d_0) \cdot \tau \cdot \Delta t}, \quad (И.21)$$

$$\frac{\partial H_{\Delta t}}{\partial \rho} = \frac{X}{\rho^2 \cdot V \cdot \tau \cdot \Delta t \cdot (d_\tau - d_0)}, \quad (И.22)$$

$$\frac{\partial H_{\Delta t}}{\partial V} = \frac{X}{\rho \cdot V^2 \cdot \tau \cdot \Delta t \cdot (d_\tau - d_0)}, \quad (И.23)$$

$$\frac{\partial H_{\Delta t}}{\partial d_н} = \frac{1}{(d_\tau - d_0) \cdot \tau \cdot \Delta t}, \quad (И.24)$$

$$\frac{\partial H_{\Delta t}}{\partial d_\tau} = -\frac{\frac{X}{\rho V} + d_н - d_0}{(d_\tau - d_0)^2 \cdot \tau \cdot \Delta t}, \quad (И.25)$$

$$\frac{\partial H_{\Delta t}}{\partial d_0} = \frac{\frac{X}{\rho V} + d_н - d_\tau}{(d_\tau - d_0)^2 \cdot \tau \cdot \Delta t}, \quad (И.26)$$

$$\frac{\partial H_{\Delta t}}{\partial \tau} = -\frac{\frac{X}{\rho V} + d_н - d_\tau}{(d_\tau - d_0) \cdot \tau^2 \cdot \Delta t}, \quad (И.27)$$

$$\frac{\partial H_{\Delta t}}{\partial \Delta t} = -\frac{\frac{X}{\rho V} + d_н - d_\tau}{(d_\tau - d_0) \cdot \Delta t^2 \cdot \tau}. \quad (И.28)$$

Библиография

[1] РМГ 29—99 Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения

[2] ТР ТС 001/2011 Технический регламент «О безопасности железнодорожного подвижного состава» (ТР ТС 001/2011), Утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 15 июля 2011 г. № 710

[3] ТР ТС 002/2011 Технический регламент «О безопасности высокоскоростного железнодорожного транспорта» (ТР ТС 002/2001). Утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 15 июля 2011 г. № 710

[4] МИ 2083—90 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей

[5] ПОТ Р М-012—2000 Межотраслевые правила по охране труда при работе на высоте. Утверждены Постановлением Министерства труда и социального развития Российской Федерации от 4 октября 2000 г. № 68

УДК 629.4.018:629.4.042.5:629.4.023 ОКС 45.060 ОКП 31 8000

Ключевые слова: ограждающие конструкции помещений железнодорожного подвижного состава, методы определения теплотехнических характеристик, коэффициент теплопередачи ограждений помещений (средний), коэффициент герметичности помещений (температурный)

Редактор *Е.С. Котлярова*
Технический редактор *Е.В. Беспрозванная*
Корректор *И.А. Королева*
Компьютерная верстка *В.И. Грищенко*

Сдано в набор 18.04.2014. Подписано в печать 28.08.2014. Формат 60x84 1/8. Гарнитура Ариал. Усл. печ. л. 3,72.
Уч.-изд. л. 3,20. Тираж 70 экз. Зак. 3621.

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru