



## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки  
2019.01.31

(51) Int. Cl. G01N 25/18 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
2018.06.29

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИВЕДЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ НЕОДНОРОДНОЙ ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ В КЛИМАТИЧЕСКОЙ КАМЕРЕ

(31) 2017127115

(32) 2017.07.28

(33) RU

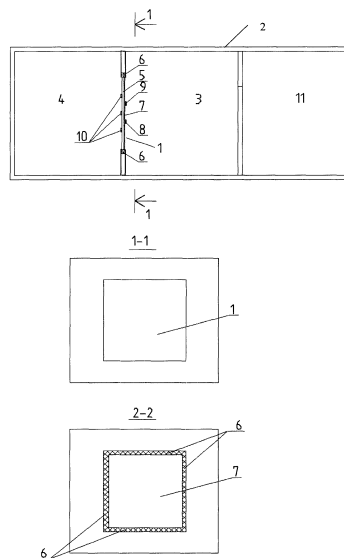
(71) Заявитель:  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ "СЕВЕРО-  
ВОСТОЧНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.К.  
АММОСОВА" (RU)

(72) Изобретатель:  
Данилов Николай Давыдович,  
Докторов Иван Алексеевич, Федотов  
Петр Анатольевич, Винокуров  
Афанасий Афанасьевич (RU)

(74) Представитель:  
Винокуров А.А. (RU)

(57) Изобретение относится к строительству, в частности к способу определения приведенного термического сопротивления неоднородных ограждающих конструкций или их фрагментов в климатической камере. Способ определения приведенного термического сопротивления неоднородной ограждающей конструкции в климатической камере включает установку исследуемого фрагмента конструкции в проем камеры, создание для конструкции условий стационарного теплообмена и измерение температур внутреннего и наружного воздуха, температур поверхностей ограждающей конструкции, а также плотности теплового потока, проходящего через нее, по которым вычисляют значения соответствующих искомых величин по формулам, отличается тем, что к фраг-

менту 5 неоднородной ограждающей конструкции по всей площади внутренней поверхности прикрепляют алюминиевый лист 7, причем, толщина листа 7 определяется расчетным путем из условий обеспечения одномерного температурного поля, к листу прикреплены тепломеры 8 и датчики температуры 9. При этом лист 7 может быть сформирован из нескольких листов меньшей толщины, соединенных разъемным креплением. Кроме того, по всей площади наружной поверхности неоднородной ограждающей конструкции прикрепляют алюминиевый лист толщиной, определяемой расчетным путем из условий обеспечения одномерного температурного поля, к которому прикрепляются датчики температуры 10. Использование настоящего изобретения позволит повысить точность определения приведенного термического сопротивления фрагмента наружной неоднородной ограждающей конструкции в климатической камере и снизить трудоемкость проводимых замеров.



Способ определения приведенного сопротивления теплопередаче неоднородной ограждающей конструкции в климатической камере

Изобретение относится к строительству, в частности к способу определения приведенного термического сопротивления неоднородных ограждающих конструкций или их фрагментов в климатической камере.

Известен метод определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций с помощью тепломера (см. ГОСТ Р54853-2011 «Здания и сооружения. Метод определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций с помощью тепломера». Метод измерения плотности тепловых потоков был введен с 1 января 1983 года (см. ГОСТ 25380-82 «Здания и сооружения. Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции»).

Теплозащитные характеристики ограждающей конструкции определяют при испытаниях в климатических камерах, в которых по обе стороны испытуемого фрагмента создают температурно-влажностный режим, близкий к расчетным зимним условиям эксплуатации, или в натурных условиях эксплуатации зданий и сооружений в зимний период. Ввиду того, что в натурных условиях сложно обеспечить в достаточно длительный период стационарные температурные условия, то для получения более достоверных результатов о теплозащитных свойствах ограждений целесообразно проводить испытания в климатических камерах путем использования фрагментов конструкций.

Известны различные решения климатических камер.

Стандартный метод определения сопротивления теплопередаче предполагает использование стационарной климатической камеры (см. ГОСТ 26254-84 «Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций»), состоящей из теплого и холодного отсеков, разделенных испытываемой конструкцией. В период подготовки к испытанию элементы

ограждающих конструкций транспортируются к камере и монтируются внутри нее.

Например, известна камера для теплотехнических испытаний элементов ограждающих конструкций зданий или сооружений (см. SU №174400, МПК G01N 25/58, опубл. 27.10.1965), содержащая холодное и теплое отделения, при этом камера выполнена со сменным участком лицевой стены, к которому прикреплена выдвижная часть пола камеры.

Климатическая камера для теплотехнических испытаний строительных ограждающих конструкций по патенту RU №103619 (G01N 25/58, опубл. 20.04.2011), содержит среднетемпературный и низкотемпературный отсеки, оборудованные установками для создания климатических режимов и аппаратуру для регистрации температурно-влажностных параметров. При этом конструкция камеры оснащена дополнительным среднетемпературным отсеком, а низкотемпературный отсек расположен между двумя среднетемпературными отсеками и имеет два боковых проема для установки одновременно двух испытываемых образцов строительных ограждающих конструкций.

Кроме того, известен стенд для измерения сопротивления теплопередаче строительных ограждающих конструкций (см. RU №105998, G01N 25/58, опубл. 27.06.2011), состоящий из холодного и теплого отсеков, оборудованных установками для задания климатических режимов и аппаратурой для регистрации производимых измерений, когда образец ограждающей конструкции устанавливают в передвижную кассету, выполненную сменной (заменяемой) и имеющую возможность перемещения по рельсам, а в систему измерительных устройств введен операторский блок с персональным компьютером, при этом теплый и операторский блок выполнены на одном подвижном шасси с целью возможности передвижения.

При этом методика определения сопротивления теплопередаче (коэффициента теплопередачи), в целом, одинакова и заключается в том, что на поверхностях и в примыкающих воздушных средах испытуемого

ограждения, находящегося в эксплуатационных условиях (в отапливаемом здании, функционирующем в холодный период года), или в климатической камере, где температурно-влажностные условия внутренней и наружной сред поддерживаются с помощью специального оборудования, установлены датчики температур (например, термопары), которые фиксируют в течение определенного времени значения этих тепловых характеристик, как правило, при стационарных условиях сред, окружающих ограждение. Сопротивление теплопередаче ограждения определяется как отношение разности усредненных за период испытаний температур внутреннего и наружного воздуха к усредненной плотности теплового потока, прошедшего через ограждение.

Приведенное сопротивление теплопередаче определяют для ограждающих конструкций, имеющих неоднородные участки (теплопроводные включения, откосы проемов, стыки, примыкания внутренних ограждений и наружных ограждений, расположенных под углом к испытуемому участку) и соответствующие им неравномерности распределения по поверхности ограждений температур и тепловых потоков.

Схему размещения первичных преобразователей температур и тепловых потоков составляют на основе проектного решения конструкции или по предварительно установленному температурному полю поверхности испытываемой ограждающей конструкции. Для этого при испытаниях в климатических камерах или павильонах полностью смонтированную ограждающую конструкцию подвергают предварительному тепловому воздействию (по ГОСТ Р 54853-2011), после чего, не дожидаясь установления стационарного режима, с целью выявления теплопроводных включений и термически однородных зон, их конфигурации и размеров снимают температурное поле с помощью тепловизора по методике в соответствии со стандартом (см. ГОСТ 26629 «Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций»), терморадиометра или термощупа. Контуры основных

температурных зон по результатам термографирования наносят на поверхность ограждающей конструкции. Для определения показателя  $R_o'$  датчики температуры располагают в центре термически однородных зон фрагментов ограждающей конструкции (панелей, плит, блоков, монолитных и кирпичных частей зданий, дверей) и дополнительно в местах с теплопроводными включениями, в углах, стыках. При этом стандартами не рекомендуется устанавливать тепломеры в непосредственной близости от зон теплотехнической неоднородности.

Таким образом, метод определения сопротивления теплопередаче и других подобных характеристик основан на создании в ограждающей конструкции условий стационарного теплообмена и измерении температур внутреннего и наружного воздуха, температур поверхностей ограждающей конструкции, а также плотности теплового потока, проходящего через нее, по которым вычисляют значения соответствующих искомых величин.

Известен способ теплового неразрушающего контроля сопротивления теплопередаче строительной конструкции (см. RU №2480739, G01N 25/72, опубл. 27.04.2013), согласно которому на обеих ее сторонах, один напротив другого, устанавливают плоские теплоизолированные коробки с плоскими термостатами, имеющими линейные размеры от трех до пяти толщин строительной конструкции, расположенными на заданном расстоянии параллельно ее поверхностям и нагревающими их до неравных между собой температур, и измеряют через заданный интервал времени плотность теплового потока, проходящего через строительную конструкцию, а также температуры на обеих поверхностях строительной конструкции, при этом контролируют сопротивление теплопередаче по отношению разности температур термостатов к плотности теплового потока после установления заданной теплоотдачи поверхностей ограждающей конструкции регулировкой скорости воздушных потоков внутри коробов.

Известен способ теплового неразрушающего контроля сопротивления теплопередаче строительных конструкций (см. RU №2005129502, G01N

25/72, опубл.27.03.2007), включающий установку на одной стороне конструкции первого теплоизолированного плоского нагревательного элемента, реализующего нагрев контролируемой конструкции, осуществляемое через заданный интервал времени измерение теплового потока, проходящего через строительную конструкцию, а также температур на обеих поверхностях строительной конструкции, определение сопротивления теплопередаче строительной конструкции по формуле:

$$R_o = (T_v - T_n) / q,$$

где  $R_o$  - сопротивление теплопередаче строительной конструкции;

$T_v$ ,  $T_n$  - температура на внутренней и наружной поверхностях строительной конструкции, соответственно;

$q$  - тепловой поток через строительную конструкцию.

При этом после установки первого теплоизолированного плоского нагревательного элемента на противоположной стороне строительной конструкции напротив первого нагревательного элемента дополнительно устанавливают второй теплоизолированный плоский нагревательный элемент, реализующий нагрев контролируемой конструкции с температурой, отличной от температуры первого плоского нагревательного элемента, термостабилизируют оба нагревательных элемента, причем, линейные размеры нагревательных элементов выбирают в диапазоне от 3 до 5 размеров толщины строительной конструкции, измеренной в средней части нагревательных элементов.

Все описанные методы и способы определения сопротивления теплопередаче ограждающих (строительных) конструкций применимы при исследованиях однородных конструкций или многослойных с последовательно расположенными однородными слоями. При исследованиях неоднородных ограждений, т.е. конструкций с теплопроводными включениями, величину приведенного сопротивления теплопередаче, применяя отмеченные способы, можно получить лишь приближенно. Это происходит от того, что на поверхности неоднородных ограждающих

конструкций наблюдается двухмерное или трехмерное, в зависимости от вида теплопроводных включений, поле. Тепломеры, с помощью которых определяют плотность теплового потока, применимы при одномерном температурном поле. По этой же причине, в ГОСТ Р54853-2011 предписывается, что «Для определения  $R'_o$  датчики температуры располагают в центре термически однородных зон фрагментов ограждающей конструкции (панелей, плит, блоков, монолитных и кирпичных частей зданий, дверей) и дополнительно в местах с теплопроводными включениями, в углах, стыках. Тепломеры не следует устанавливать в непосредственной близости от зон теплотехнической неоднородности».

Тем не менее, влияние этих зон на величину приведенного сопротивления теплопередаче может быть весьма значительным. Среднюю температуру поверхности ограждения можно получить достаточно точно, применяя большее количество датчиков температуры или используя тепловизоры (см. ГОСТ 26629-85 и ВСН 43-96 «Ведомственные строительные нормы по теплотехническим обследованиям наружных ограждающих конструкций зданий с применением малогабаритных тепловизоров»). Сопротивление теплопередаче можно установить путем измерения температур воздуха и поверхностей ограждения с дальнейшим определением коэффициентов теплообмена и сопротивлений теплопереходу (см. ВСН 43-96).

Однако, в этих нормах учтено влияние зависимости конвективного теплообмена от скорости воздуха, но не учтено влияние переменности лучистого теплообмена, интенсивность которого зависит и от температуры элементарной площадки на рассматриваемой поверхности, коэффициента облученности этой площадки окружающими поверхностями, а также температуры последних. Эти факторы не учитываются в вышеприведенных аналогах. Приближенный метод определения коэффициента лучистого теплообмена, учитывающий только влияние температур рассматриваемой

поверхности и воздуха, приведен в государственном стандарте (см. ГОСТ 26254-84).

Задачей, на решение которой направлено заявляемое изобретение, является формирование на поверхности неоднородного ограждения практически одномерного температурного поля, при котором возможно проведение измерений с помощью тепломера без иных ограничений. При этом проводимые меры не должны оказывать влияния на величину определяемого приведенного термического сопротивления конструкции.

Технический эффект, получаемый при решении поставленной задачи, выражается в повышении точности определения приведенного термического сопротивления фрагмента наружной ограждающей конструкции в климатической камере и снижении трудоемкости проводимых замеров.

Для решения поставленной задачи способ определения приведенного термического сопротивления неоднородной ограждающей конструкции в климатической камере включает установку исследуемого фрагмента конструкции в проем камеры, создание для конструкции условий стационарного теплообмена и измерение температур внутреннего и наружного воздуха, температур поверхностей ограждающей конструкции, а также плотности теплового потока, проходящего через нее, по которым вычисляют значения соответствующих искомых величин по формулам, отличается тем, что к фрагменту неоднородной ограждающей конструкции по всей площади внутренней поверхности прикрепляют алюминиевый лист, причем, толщина листа определяется расчетным путем из условий обеспечения одномерного температурного поля, к которому с внешней стороны (со стороны теплого отсека) размещаются тепломеры и датчики температуры. Кроме того, по всей площади наружной поверхности неоднородной ограждающей конструкции прикрепляют алюминиевый лист, толщиной, определяемой расчетным путем из условий обеспечения одномерного температурного поля, к которому с внешней стороны (со стороны холодного отсека) прикрепляются датчики температуры.

Сопоставительный анализ признаков заявленного решения с признаками аналогов свидетельствует о соответствии заявленного решения критерию «новизна».

Признаки отличительной части формулы изобретения обеспечивают применимость заявляемого технического решения для исследований неоднородных ограждающих конструкций, в т.ч. с теплопроводными включениями.

Как известно, алюминий имеет самое значительное, из применяемых в строительстве материалов, значение коэффициента теплопроводности, которое составляет  $\lambda = 221 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$  (см. СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»).

Толщина алюминиевых листов определяется предварительным расчетом, например, с применением программы расчета пространственных температурных полей. Условием выбора необходимой толщины листов является формирование на поверхности, граничащей с внутренним воздухом, одномерного температурного поля, при котором по всей поверхности ограждения будет наблюдаться практически одно и то же значение температуры. Для удобства монтажа и оптимального выбора определенного расчетом параметра, толщина листов может составить порядка 0,01 м. Если требуется установить несколько листов, то их соединяют с помощью винтов с потайной головкой и отверстий с резьбой.

Для определения приведенного термического сопротивления фрагмента ограждающей конструкции в климатической камере проведены расчеты с применением программы расчета трехмерных температурных полей. Например, рассмотрен фрагмент трехслойной железобетонной панели на дискретных связях.

Размеры фрагмента:  $1.40 \times 1.40 \times 0,45$  м. Толщина внутренней оболочки 0,10 м, а наружной 0,07 м. Толщина утеплителя из пенополистирола 0,28 м. Внутреннюю и наружную оболочку соединяет железобетонная шпонка

сечением  $0,15 \times 0,07$  м, размещенная в середине фрагмента. Расчеты проведены при температуре наружного воздуха  $-52^\circ\text{C}$  и внутреннего  $21^\circ\text{C}$ .

Минимальная температура внутренней поверхности получилась по шпонке  $\tau'_s = 16,891^\circ\text{C}$ , а максимальная на угловых участках фрагмента  $\tau_s = 19,83^\circ\text{C}$ . Разница температур составляет  $\Delta\tau = 2,939^\circ\text{C}$ . Сопротивление теплопередаче  $R_o^{np} = 6,083 \text{ м}^2\text{C/Вт}$ , термическое сопротивление  $R_\kappa^{np} = 5,925 \text{ м}^2\text{C/Вт}$ .

При размещении алюминиевого листа толщиной  $0,01$  м с внутренней стороны фрагмента получены следующие данные:  $\Delta\tau = 0,384^\circ\text{C}$ ,  $R_o^{np} = 6,065 \text{ м}^2\text{C/Вт}$ ,  $R_\kappa^{np} = 5,907 \text{ м}^2\text{C/Вт}$ . Сопротивление теплопередаче изменяется всего на  $0,3 \%$ , градация температур существенна.

Если поставить задачу, что изменение температуры внутренней поверхности по плоскости не должна превышать  $0,05^\circ\text{C}$ , то это возможно при толщине алюминиевых листов  $0,09$  м ( $\Delta\tau = 0,046^\circ\text{C}$ ). При этой толщине листов получены следующие значения:  $R_o^{np} = 6,063 \text{ м}^2\text{C/Вт}$ ,  $R_\kappa^{np} = 5,905 \text{ м}^2\text{C/Вт}$ . Изменение  $R_o^{np}$  из-за добавления слоев алюминия составляет  $0,33 \%$ , а термического сопротивления  $0,34 \%$ .

Расчеты показывают возможность применения данного способа определения  $R_o^{np}$  фрагментов неоднородных ограждающих конструкций в климатической камере. При этом можно обойтись малым количеством тепломеров и датчиков температуры. На основе исследований целесообразно выдавать значение приведенного термического сопротивления конструкции, а не сопротивления теплопередаче.

Обоснование: 1) коэффициенты теплоотдачи на внутренней и наружной поверхностях ограждений имеют переменное значение в зависимости от типа помещения, количества наружных ограждений, средних температур их поверхностей и коэффициентов облученности, типа отопительных приборов, скорости ветра, наличия противостоящих зданий и т.п. Если определять коэффициенты теплообмена, то их нужно определять в

каждом рассматриваемом здании, помещении или в климатической камере с учетом фактических условий лучисто-конвективного теплообмена. Задача очень трудоемкая; 2) при определении сопротивления теплопередаче учитываются сопротивления тепловосприятию и теплоотдаче (обратные коэффициентам теплоотдачи величины), имеющие малые значения по сравнению с термическим сопротивлением ограждений. Уточнение этих малых величин, установленных по указаниям нормативных документов, практически не окажет влияния на величину сопротивления теплопередаче.

Для достижения технического результата на внутреннюю поверхность исследуемого фрагмента устанавливаются алюминиевые листы с подбором их толщин, чтобы на поверхности конструкции наблюдалось практически одномерное температурное поле. После установления стационарного режима теплопередачи измеряются плотности тепловых потоков  $q$  и средние температуры внутренней  $\tau_{в}$  и наружной поверхностей  $\tau_{н}$ , далее, вычисляется приведенное термическое сопротивление рассматриваемого фрагмента ограждения:

$$R_{\kappa}^{np} = \frac{\tau_{в} - \tau_{н}}{q}. \quad (*)$$

На основании того, что температура по плоскости внутренней поверхности алюминиевого листа, прикрепленного к исследуемому фрагменту конструкции, практически будет постоянной, для определения плотности теплового потока и температуры внутренней поверхности можно обойтись установкой одного тепломера и одного датчика температуры. В целях получения более точных результатов целесообразно использовать несколько датчиков с установкой их к центрам участков, имеющих одинаковые площади.

Для исключения температурного перепада по высоте холодного отсека камеры, в нем целесообразно установить вентилятор. Как один из других вариантов определения средней температуры наружной поверхности

исследуемого фрагмента - к ней также можно прикрепить алюминиевый лист, толщина которого устанавливается расчетным путем.

При проведении исследований в теплом и холодном отсеках камеры обеспечивают требуемый температурно-влажностный режим. Формула (\*) также применима для определения экспериментального значения сопротивления теплопередаче при использовании данных по температуре воздуха в теплом и холодном отсеках камеры, полученных путем непосредственного измерения с помощью датчиков температуры.

Заявленное решение иллюстрируется чертежом, где на фигуре схематично показан продольный разрез климатической камеры. В сечении (1-1) показан проем камеры до установки исследуемого фрагмента ограждения, в сечении (2-2) - вид после установки в проем климатической камеры исследуемого фрагмента ограждения с прикрепленными к нему алюминиевыми листами.

Заявляемый способ реализуется следующим образом.

В проем 1 климатической камеры 2, имеющей теплый 3 и холодный 4 отсеки, устанавливается исследуемый фрагмент ограждающей конструкции 5. По периметру оставляется зазор, заполняемый эффективным утеплителем 6. К внутренней поверхности фрагмента 5 прикрепляется алюминиевый лист 7 толщиной, определяемой путем предварительного расчета, например, с использованием программы расчета трехмерных температурных полей. При большой массе листа, для удобства монтажа, допустимо использование нескольких листов, соединяемых разъемным креплением, общая толщина которых соответствует расчетному значению. К внутренней поверхности листа, обращенного в сторону отсека с положительной температурой, приклеивается тепломер 8, а также датчик температуры 9 (целесообразно, оба вида датчиков установить по несколько единиц для получения более достоверных данных). К наружной поверхности фрагмента конструкции в серединах предварительно установленных расчетом участков с практически постоянным значением температур, прикрепляются датчики температур 10.

При этом температура наружной поверхности исследуемого фрагмента определяется как средневзвешенная по площадям.

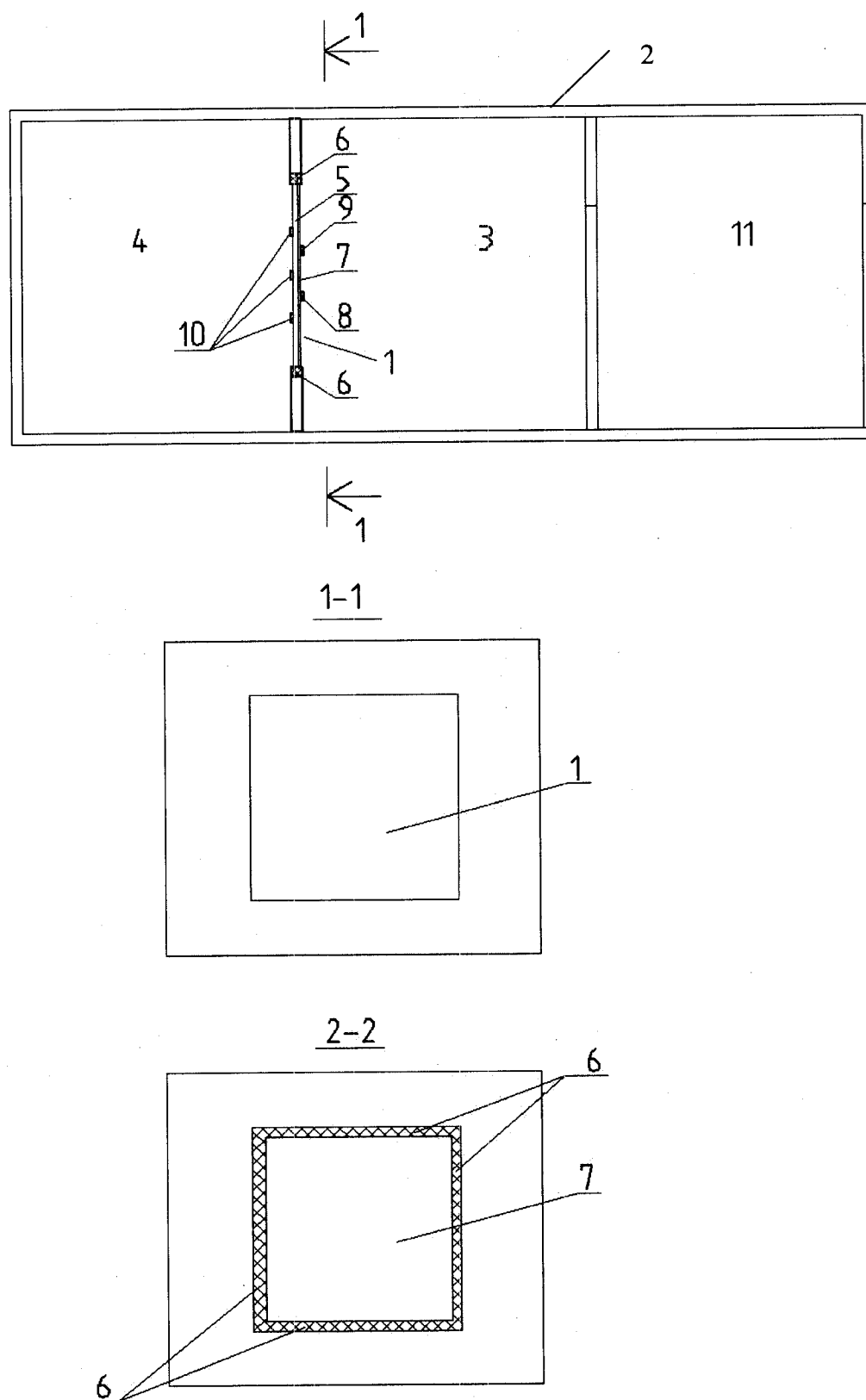
В случае использования алюминиевых листов, прикрепляемых к наружной поверхности исследуемого фрагмента конструкции, достаточно установки одного или нескольких датчиков температуры 10 с последующим определением среднего арифметического значения температуры.

По завершении монтажных работ, в теплом 3 и холодном 4 отсеках с помощью специального оборудования устанавливается требуемый температурно-влажностный режим. После чего производят измерения температур и тепловых потоков. Измерительная аппаратура и оператор размещаются в дополнительном отсеке камеры 11. По полученным экспериментальным данным по формуле (\*) вычисляют искомое значение приведенного термического сопротивления неоднородной ограждающей конструкции.

### Формула изобретения

Способ определения приведенного сопротивления теплопередаче неоднородной ограждающей конструкции в климатической камере, включающий установку исследуемого фрагмента конструкции в проем камеры, создание для конструкции условий стационарного теплообмена и измерение температур внутреннего и наружного воздуха, температур поверхностей ограждающей конструкции, а также плотности теплового потока, проходящего через конструкцию, по которым вычисляют значения соответствующих искомых величин, отличающийся тем, что к фрагменту неоднородной ограждающей конструкции по всей площади внутренней поверхности со стороны теплого отсека и по всей площади наружной поверхности со стороны холодного отсека камеры прикрепляют алюминиевые листы, при этом, толщину каждого листа определяют расчетным путем из условий обеспечения одномерного температурного поля, а датчики для измерения температуры поверхности размещают на внешней стороне каждого листа, датчики для измерения теплового потока - на внешней стороне листа со стороны теплого отсека камеры.

Способ определения приведенного сопротивления теплопередаче  
неоднородной ограждающей конструкции в климатической камере



Фигура