



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01N 13/00 (2023.02)

(21)(22) Заявка: 2022111475, 27.04.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.04.2022

Дата регистрации:
03.05.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.04.2022

(45) Опубликовано: 03.05.2023 Бюл. № 13

Адрес для переписки:
105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦИС, для Амелиной
К.Е.

(72) Автор(ы):

Скуратов Николай Владимирович (RU),
Усов Дмитрий Владимирович (RU),
Санаев Виктор Георгиевич (RU),
Горбачева Галина Александровна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Московский государственный
технический университет имени Н.Э.
Баумана (национальный исследовательский
университет)" (МГТУ им. Н.Э. Баумана) (RU)

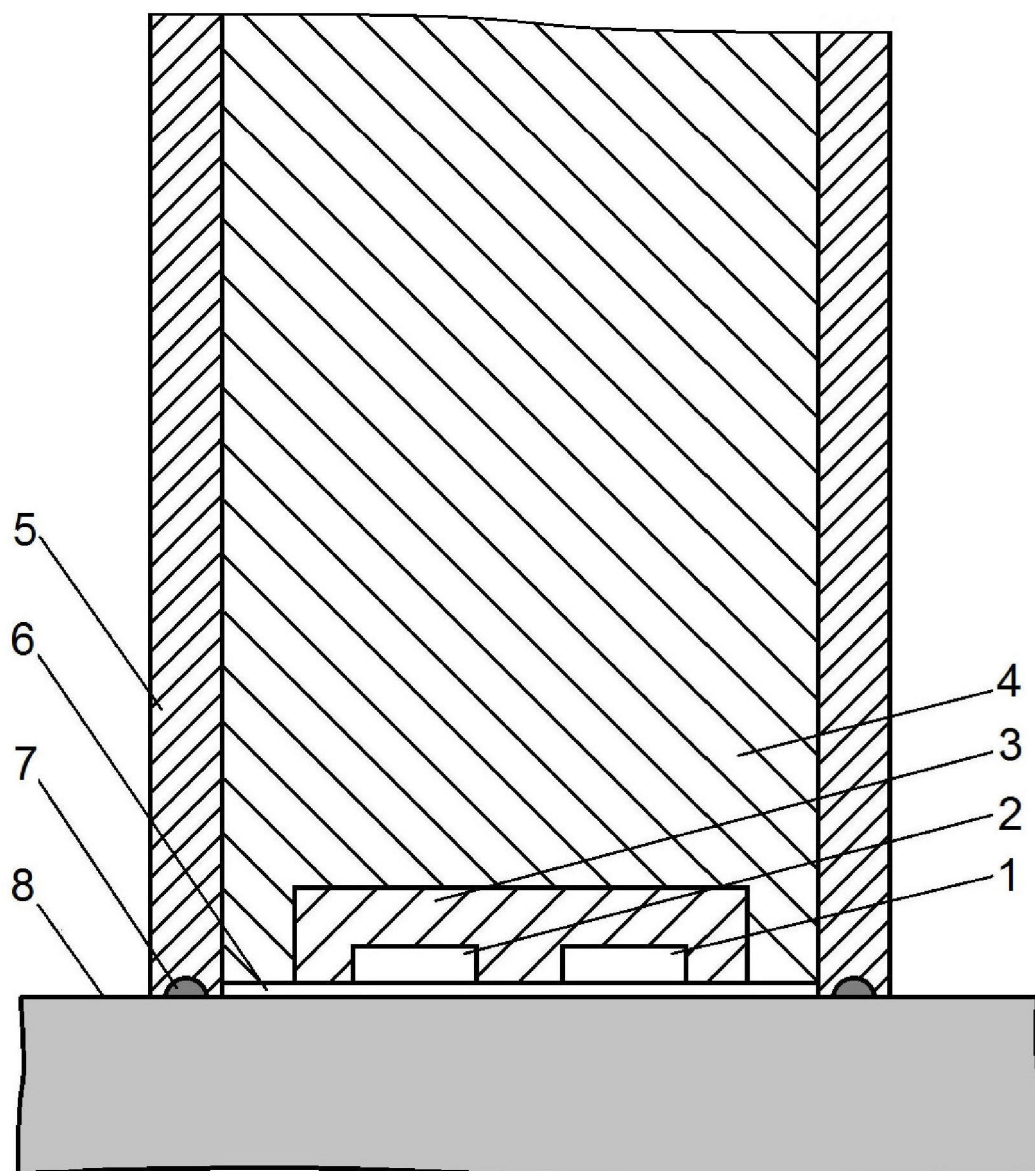
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2532763 C1, 10.11.2014. RU
2705655 C1, 11.11.2019. CN 101319979 A,
10.12.2008. US 5627329 A1, 06.05.1997.

(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ДИФФУЗИИ ВЛАГИ В КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛАХ

(57) Реферат:

Изобретение относится к измерительной технике и предназначено для определения коэффициента диффузии влаги в капиллярно-пористых материалах. Способ определения коэффициента диффузии влаги в капиллярно-пористых материалах включает размещение испытуемого капиллярно-пористого материала между двумя средами с различной относительной влажностью, определение текущего значения плотности потока влаги, проходящего через капиллярно-пористый материал, определение влажности на обеих поверхностях капиллярно-

пористого материала, через которые проходит поток влаги, с последующим определением коэффициента диффузии капиллярно-пористого материала K , при этом влажность на поверхностях капиллярно-пористого материала определяют по относительной влажности и температуре среды в микрообъемах, непосредственно прилегающих к каждой поверхности капиллярно-пористого материала. Техническим результатом является минимизации ошибки определения коэффициента диффузии капиллярно-пористого материала. 2 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01N 13/00 (2023.02)

(21)(22) Application: **2022111475, 27.04.2022**

(24) Effective date for property rights:
27.04.2022

Registration date:
03.05.2023

Priority:

(22) Date of filing: **27.04.2022**

(45) Date of publication: **03.05.2023** Bull. № 13

Mail address:

**105005, Moskva, ul. 2-ya Baumanskaya, 5, str. 1,
MG TU im. N.E. Baumana, TSIS, dlya Amelinoj
K.E.**

(72) Inventor(s):

**Skuratov Nikolai Vladimirovich (RU),
Usov Dmitrii Vladimirovich (RU),
Sanaev Viktor Georgievich (RU),
Gorbacheva Galina Aleksandrovna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia "Moskovskii gosudarstvennyi
tekhnicheskii universitet imeni N.E. Baumana
(natsionalnyi issledovatel'skii universitet)"
(MG TU im. N.E. Baumana) (RU)**

(54) **METHOD FOR DETERMINING MOISTURE DIFFUSION COEFFICIENT IN CAPILLARY-POROUS MATERIALS**

(57) Abstract:

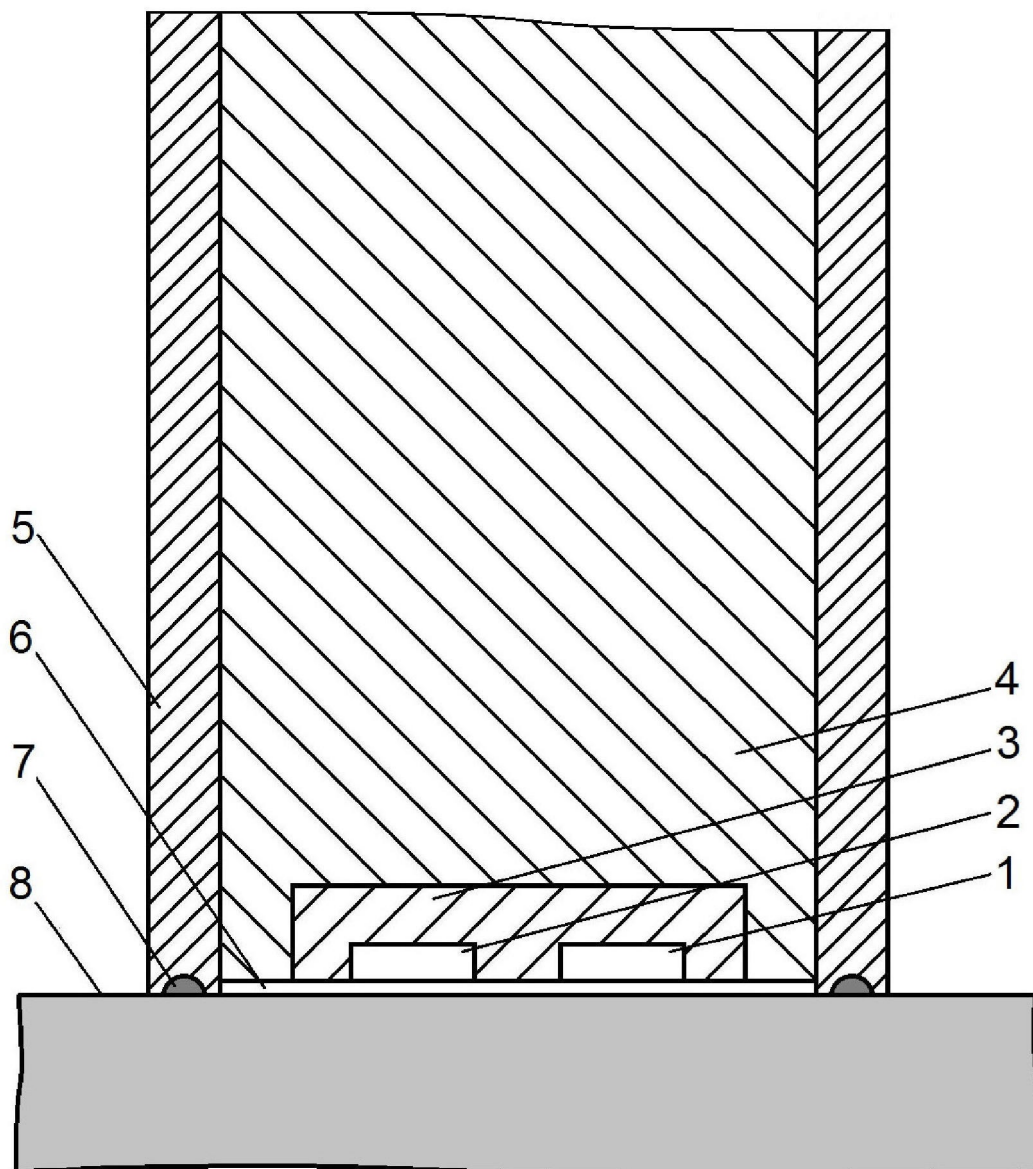
FIELD: measuring technology.

SUBSTANCE: invention is intended to determine the diffusion coefficient of moisture in capillary-porous materials. The method for determining the moisture diffusion coefficient in capillary-porous materials includes placing the tested capillary-porous material between two environments with different relative humidity, determining the current value of the moisture flux density passing through the capillary-porous material, determining the humidity on both surfaces of

the capillary-porous material, through which the moisture flow passes, followed by determination of the diffusion coefficient of the capillary-porous material *K*, while the humidity on the surfaces of the capillary-porous material is determined by relative humidity and temperature of the medium in micro-volumes directly adjacent to each surface of the capillary-porous material.

EFFECT: minimization of the error in determining the diffusion coefficient of capillary-porous material.

1 cl, 2 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к измерительной технике и предназначено для определения коэффициента диффузии влаги в капиллярно-пористых материалах.

Одним из свойств капиллярно-пористых материалов является гигроскопичность, то есть способность поглощать влагу из окружающего воздуха, в котором всегда присутствует определенное количество водяных паров. Количество воды в таких материалах характеризует их влажность, уровень которой влияет на теплофизические, механические и эксплуатационные свойства капиллярно-пористых материалов.

При нахождении в воздухе определенного состояния капиллярно-пористый материал в процессе сорбции или десорбции стремится приобрести так называемую равновесную влажность, которая зависит от относительной влажности воздуха и его температуры, а также свойств данного материала. Движение влаги внутри капиллярно-пористых материалов происходит благодаря диффузии. Ее интенсивность характеризуется коэффициентом диффузии, величина которого определяется экспериментально.

Известен способ определения коэффициента диффузии капиллярно-пористых материалов, называемый методом «мокрой чашки» [1]. В англоязычной литературе его называют «wet cup method». При его реализации подготовленный образец испытуемого материала в форме диска устанавливают в верхней части испытательного сосуда - чашки, в которую предварительно наливают дистиллированную воду или насыщенный раствор определенной соли для создания в чашке воздушной среды с заданной относительной влажностью. Места контакта материала со стенками сосуда тщательно герметизируют. Испытательный сосуд устанавливают на весы и вместе с ними размещают в климатической станции, в которой поддерживают требуемые температуру и относительную влажность воздуха.

В процессе эксперимента фиксируют уменьшение массы сосуда за счет диффузии водяного пара через образец материала. После того, как скорость снижения массы сосуда станет постоянной и процесс диффузии становится стационарным, определяют плотность потока влаги через образец путем деления убыли массы образца на его площадь и на время, за которое это снижение массы произошло. Коэффициент диффузии рассчитывают, как произведение плотности потока влаги на толщину образца, деленное на разность влажностей его поверхностей, которые определяют с помощью изотермы сорбции по значениям относительной влажности воздуха внутри и снаружи сосуда. Такой подход предполагает, что условия влагообмена на поверхностях образца соответствуют граничным условиям 1-го рода.

Недостатком данного способа является его низкая точность. Это связано с тем, что реальные величины влажности на поверхностях образца капиллярно-пористого материала существенно отличается от значений, полученных с помощью изотермы сорбции. Дело в том, что интенсивность влагообмена на поверхностях образца, а, следовательно, и коэффициенты влагообмена сравнительно не велики. Это обусловлено наличием сопротивления движению водяного пара на переходах между воздухом и капиллярно-пористым материалом, что характерно для граничных условий 3-го рода, при которых наблюдается существенная разница между влажностью на поверхности и равновесной влажностью окружающего воздуха.

Задача, решаемая данным изобретением, заключается в минимизации ошибки определения коэффициента диффузии капиллярно-пористого материала.

Решение поставленной задачи обеспечивается тем, что влажность на поверхностях капиллярно-пористого материала определяют по относительной влажности и температуре среды в микрообъемах, непосредственно прилегающих к каждой поверхности капиллярно-пористого материала. Подробнее способ определения

коэффициента диффузии влаги в капиллярно-пористых материалах включает размещение испытуемого капиллярно-пористого материала между двумя средами с различной относительной влажностью, определение текущего значения плотности потока влаги, проходящего через капиллярно-пористый материал, определение влажности на обеих

поверхностях капиллярно-пористого материала, через которые проходит поток влаги, с последующим определением коэффициента диффузии капиллярно-пористого материала

K , м²/сек, по формуле:

$$K = \frac{Q \cdot d}{(W1 - W2)},$$

где: Q - плотность потока влаги через капиллярно-пористый материал, кг/(м²·сек);

$W1$ - влажность одной поверхности капиллярно-пористого материала;

$W2$ - влажность второй поверхности капиллярно-пористого материала;

d - толщина капиллярно-пористого материала, м.

При этом влажность на поверхностях капиллярно-пористого материала определяют по относительной влажности и температуре среды в микрообъемах, непосредственно прилегающих к каждой поверхности капиллярно-пористого материала.

Суть предложенного способа поясняют фиг.1 и фиг. 2. На фиг. 1 показан вариант устройства зонда для измерения поверхностной влажности капиллярно-пористых материалов. Миниатюрные датчики относительной влажности 1 и температуры 2 воздуха установлены в общем корпусе 3, которой с помощью компаунда 4, например, эпоксидной смолы, фиксируется в зонде 5 так, чтобы между краем зонда и корпусом датчиков оставался небольшой зазор, образующий микрообъем воздуха 6. Благодаря кольцевому уплотнителю 7 микрообъем воздуха, непосредственно прилегающий к поверхности капиллярно-пористого материала 8, надежно изолируется от влияния окружающей среды.

При проведении измерений зонд прижимают к поверхности исследуемого материала и следят за показаниями датчиков относительной влажности и температуры воздуха в микрообъеме 6, которые будут меняться вследствие теплообмена с поверхностным слоем материала 8. Температура воздуха в процессе измерения, как правило, остается неизменной или изменяется не значительно. В тоже время относительная влажность воздуха может существенно измениться в зависимости от поверхностной влажности исследуемого материала. Стабилизация показаний датчика при измерении поверхностной влажности распространенных строительных материалов, например, силикатных кирпичей, керамических плиток, бетонов, древесины и др. происходит в течение нескольких десятков секунд. Влагообмен между материалом и микрообъемом воздуха, высота которого составляет лишь несколько десятых долей миллиметра, происходит достаточно быстро благодаря его малым размерам.

Влажность на поверхностях исследуемого капиллярно-пористого материала определяют по относительной влажности и температуре воздуха в микрообъеме 6 с помощью таблиц, графиков и диаграмм равновесной влажности для соответствующего материала, которые имеются в технической литературе. Например, при температуре 20°С и относительной влажности воздуха 60% равновесная влажность легкого бетона равна 2,0%, а при той же температуре и относительной влажности воздуха 80% она составит 3,1% [2]. При тех же параметрах воздуха равновесная влажность древесины будет равна 11,3% и 16,9% соответственно [3].

Для проведения эксперимента удобно использовать сосуд, состоящий из двух частей (фиг. 2). В его нижнюю часть 1 наливают дистиллированную воду или насыщенный

раствор определенной соли 2. На нижнюю часть через уплотнитель 3 устанавливают имеющую форму кольца верхнюю часть 4, на которой с помощью герметика 5 закреплен испытуемый образец капиллярно-пористого материала 6, имеющий форму диска.

Подготовленный к эксперименту сосуд взвешивают и помещают в климатическую камеру 7, в которой поддерживаются заданные температурно-влажностные условия.

В ходе эксперимента сосуд периодически извлекают из климатической камеры и взвешивают. Сразу после взвешивания с помощью датчика определяют относительную влажность и температуру воздуха в микрообъеме над верхней поверхностью образца капиллярно-пористого материала и после снятия верхней части сосуда под его нижней поверхностью. Далее верхнюю часть возвращают на место и сосуд помещают обратно в климатическую камеру. Затем с помощью соответствующих таблиц, графиков, диаграмм или аппроксимирующих функций определяют значения влажности на поверхностях экспериментального образца. После завершения эксперимента вычисляют коэффициент диффузии.

Процессы диффузии в капиллярно-пористых материалах протекают очень медленно, иногда десятки и даже сотни часов, поэтому кратковременные на 2-3 минуты прерывания эксперимента практически не увеличивают погрешность определения коэффициентов диффузии.

Таким образом, изобретение позволяет повысить точность и надежность определения коэффициентов диффузии капиллярно-пористых материалов.

Использованные источники информации

1. Olek W. Analysis of the cup method application for determination of the bound water diffusion coefficient in wood //Fol. For. Pol., Ser. B. Drzewnictwo. - 2003. - Т. 34. - С. 15-25.

2. СТРУКТУРА ПОР И СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КИРПИЧА.

Фасеева Г.Р., Салахов А.М., Хацринов А.И., Вестник Казанского технологического университета. 2010. № 8. с. 220-223.

3. Уголев Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведение. - М.: Экология, 1991. - 256 с.

(57) Формула изобретения

Способ определения коэффициента диффузии влаги в капиллярно-пористых материалах, включающий размещение испытуемого капиллярно-пористого материала между двумя средами с различной относительной влажностью, определение текущего значения плотности потока влаги, проходящего через капиллярно-пористый материал, определение влажности на обеих поверхностях капиллярно-пористого материала, через которые проходит поток влаги, с последующим определением коэффициента диффузии капиллярно-пористого материала K , м²/сек, по формуле:

$$K = \frac{Q \cdot d}{(W1 - W2)},$$

где: Q – плотность потока влаги через капиллярно-пористый материал, кг/(м²·сек);

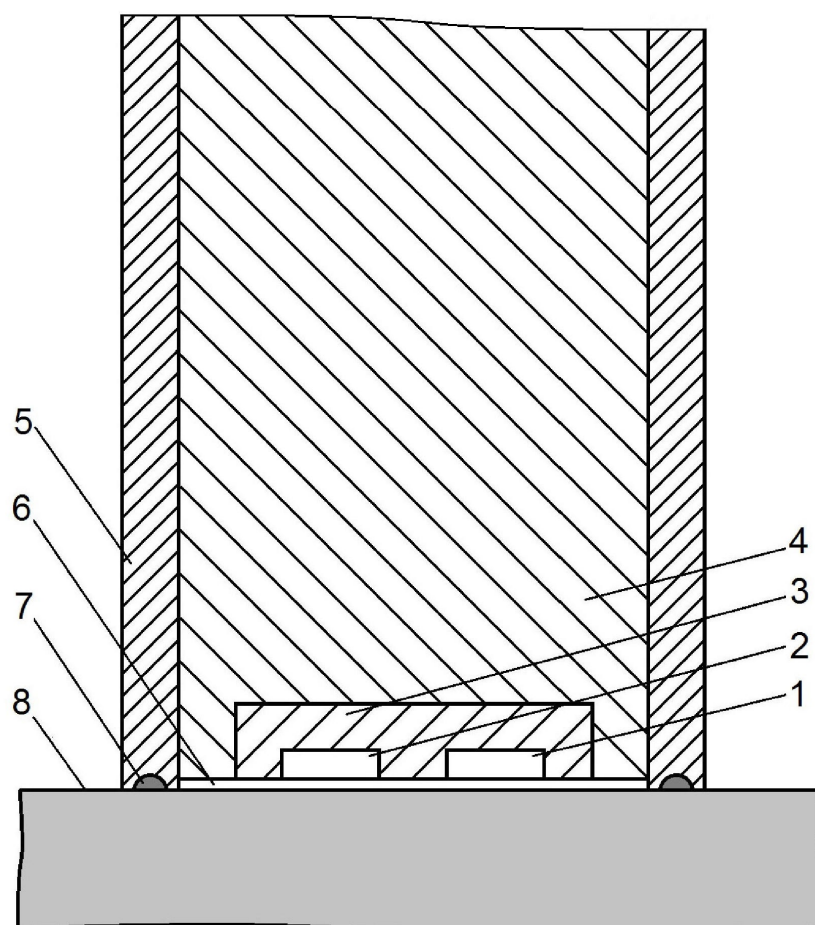
$W1$ – влажность одной поверхности капиллярно-пористого материала;

$W2$ – влажность второй поверхности капиллярно-пористого материала;

d – толщина капиллярно-пористого материала, м;

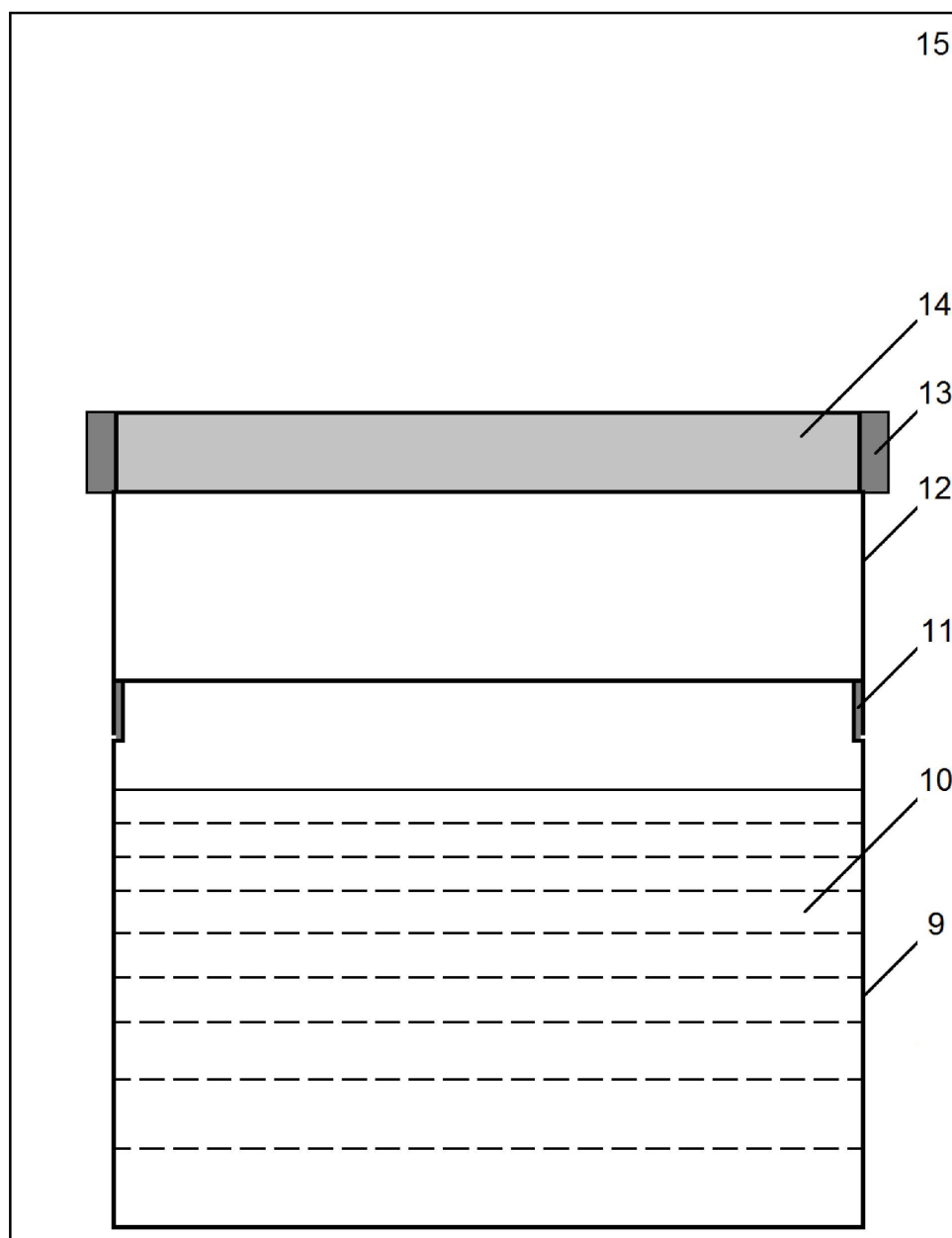
отличающийся тем, что влажность на поверхностях капиллярно-пористого материала определяют по относительной влажности и температуре среды в микрообъемах, непосредственно прилегающих к каждой поверхности капиллярно-пористого материала.

1



Фиг. 1

2



Фиг. 2