

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В СООТВЕТСТВИИ С
ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(19) Всемирная Организация
Интеллектуальной Собственности
Международное бюро



WIPO | РСТ



(10) Номер международной публикации
WO 2012/091600 A1

(43) Дата международной публикации
05 июля 2012 (05.07.2012)

(51) Международная патентная классификация:
G01N 25/18 (2006.01)

(21) Номер международной заявки: PCT/RU2010/000804

(22) Дата международной подачи:
30 декабря 2010 (30.12.2010)

(25) Язык подачи: Русский

(26) Язык публикации: Русский

(71) Заявитель (только для AL, AU, AZ, BG, CO, CZ, DE, DK, GQ, GR, HU, ID, IE, IL, IT, KR, KZ, LT, MX, MY, NO, NZ, OM, PL, RO, RU, SI, SK, TD, TM, TN, TR, TT, UZ, ZA): ШЛЮМБЕРЖЕ ТЕХНОЛОДЖИ Б.В. (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY B.V.) [NL/NL]; Паркштраат, 83-89, Гаага, 2514JG, The Hague (NL).

(71) Заявитель (только для CA): ШЛЮМБЕРЖЕ КАНАДА ЛИМИТЕД (SCHLUMBERGER CANADA LIMITED) [CA/CA]; 7 Флор, 525-3 Авеню СВ., О Клэр Плэйс 1, Алберта Т2П ОГ 4, Калгари, Т2Р ОГ 4, Alberta (CA).

(71) Заявитель (только для FR): СЕРВИСЕС ПЕТРОЛИЕРС ШЛЮМБЕРЖЕ (SERVICES PET-

ROLIERS SCHLUMBERGER) [FR/FR]; ул. Сент Доминик, 42, Париж, 75007, Paris (FR).

(71) Заявитель (только для GB, JP, NL): ШЛЮМБЕРЖЕ ХОЛДИНГС ЛИМИТЕД (SCHLUMBERGER HOLDINGS LIMITED); Крейгмуир Чэмберс, а.я. 71, Род Таун, Тортولا, Tortola (VG).

(71) Заявитель (для всех указанных государств, кроме AL, AU, AZ, BG, CA, CO, CZ, DE, DK, FR, GB, GQ, GR, HU, ID, IE, IL, IT, JP, KR, KZ, LT, MX, MY, NL, NO, NZ, OM, PL, RO, RU, SI, SK, TD, TM, TN, TR, TT, US, UZ, ZA): ПРАД РИСЕЧ ЭНД ДЕВЕЛОПМЕНТ ЛИМИТЕД (PRAD RESEARCH AND DEVELOPMENT LIMITED); Крейгмуир Чэмберс, а.я. 71, Род Таун, Тортولا, Tortola (VG).

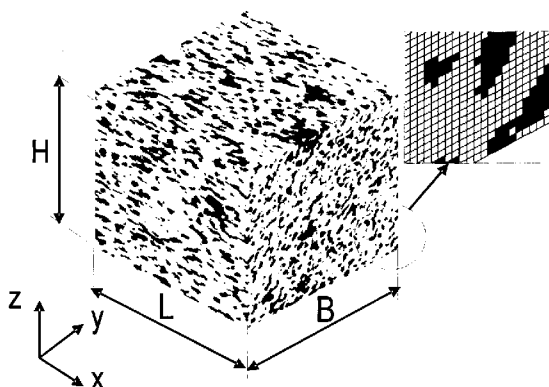
(72) Изобретатели; и

(75) Изобретатели/Заявители (только для US): СКИБИН, Александр Петрович (SKIBIN, Alexandr Petrovich) [RU/RU]; ул. Профсоюзная, 110-4-40, Москва, 117485, Moscow (RU). МУСТАФИНА, Дарья Александровна (MUSTAFINA, Darya Aleksandrovna) [RU/RU]; ул. Космонавтов, 2-59, Королев, Московская обл., 141075, Korolev (RU). КОМРАКОВА, Александра Евгеньевна (KOMRAKOVA, Aleksandra Evgenievna)

[продолжение на следующей странице]

(54) Title: METHOD FOR DETERMINING THE THERMAL CONDUCTIVITY OF AN IMPREGNATED POROUS MEDIUM

(54) Название изобретения : СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ НАСЫЩЕННОЙ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ



Фиг.1

(57) Abstract: The invention relates to methods for determining the thermophysical properties of porous media filled with a liquid, a gas or another mineral medium and can be used in particular in the oil and gas sector. When implementing the method, first the component constitution of the impregnated porous medium and the coefficients of thermal conductivity of the components are determined. A three-dimensional image of a microstructure is produced by means of X-ray scanning. The coefficient of thermal conductivity of the medium is determined for given computational domains by solving the problem of the thermal conductivity based on the decomposition of the computational domain with subsequent composition.

(57) Реферат:

[продолжение на следующей странице]



WO 2012/091600 A1



[RU/RU]; бул. Геннадия Карбышева, 16-45, Москва, 123154, Moscow (RU).

(74) Агент: **АРХИПОВА, Вера Николаевна (ARKHIPOVA, Vera Nikolaevna)**; Технологическая компания Шлюмберже, ул. Пудовкина, 13, Москва, 119285, Moscow (RU).

(81) **Указанные государства** (если не указано иначе, для каждого вида национальной охраны): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC,

SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) **Указанные государства** (если не указано иначе, для каждого вида региональной охраны): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), евразийский (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), европейский патент (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Опубликована:

— с отчётом о международном поиске (статья 21.3)

Изобретение относится к способам определения теплофизических свойств пористых сред, заполненных жидкостью, газом или иной минеральной средой, и может быть применимо, в частности, в нефтегазовой отрасли. При реализации способа первоначально определяют компонентный состав насыщенной пористой среды и коэффициенты теплопроводности компонентов. Посредством рентгеновского сканирования получают трехмерное изображение микроструктуры. Для принятых расчетных областей путем решения задачи теплопроводности, основанного на декомпозиции расчетной области с последующей композицией, определяют коэффициент теплопроводности среды.

Способ определения теплопроводности насыщенной пористой среды

Область техники

Настоящее изобретение относится к способам определения теплофизических свойств пористых сред, заполненных жидкостью, газом или иной минеральной средой.

Изобретение применимо для широкого разнообразия таких пористых сред, к которым, в частности, могут быть отнесены, композитные материалы, геологические формации, костные ткани.

«Пористыми» являются материалы, в которых составляющая их среда (скелет) является пористой (наличие пор, несплошностей). Эти поры могут быть пустыми, но чаще всего они заполнены некоторым флюидом - водой, нефтью, газом и т.п.

В частности, заполненными жидкостью областями могут быть поры, трещины в слое, пустоты каверны и пр. Жидкостью может являться, в частности, вода, нефть и др. В качестве газа может рассматриваться природный газ, воздух, или любое другое газообразное вещество. В качестве минеральной среды может быть любая твердая формация минералогического состава в неподвижном или сыпучем состоянии.

Вариантом применения способа может быть его реализация в нефтегазовой отрасли, в частности, при определении теплопроводности пористой нефтенасыщенной геологической среды, при разработке нефтяных и газовых месторождений (нагнетающие, добывающие скважины).

Предшествующий уровень техники

Промышленное применение тепловых способов повышения нефтеотдачи предполагает предварительное моделирование процессов тепломассобмена в резервуаре (нефтяной пласт) и скважинах, а также определение теплового режима скважинного оборудования. В связи с этим первостепенную важность приобретает правильный учет значений теплофизических свойств горных пород, таких как теплопроводность, теплоемкость и температуропроводность.

Из уровня техники известны способы определения теплопроводности пористых пород, такие как способ, описанный в S.L. Lee, J. H. Yang, Modelling of effective thermal conductivity for a nonhomogeneous anisotropic porous medium, Int.J .Heat Mass Transfer.VoL.41, issue 6-7 p. 931-937, pp.931-937, 1998; 2). H.-F. Zhang,a_ X.-S. Ge,, или способ, описанный в H. Ye, Effective thermal conductivity of two-scale porous media, APPLIED PHYSICS LETTERS 89, 081908 (2006).

Однако указанные способы имеют ограниченную область применения, поскольку позволяют определять теплопроводность образцов малых размеров, а также характеризуются повышенной трудоемкостью и увеличенными временными затратами.

Краткое описание изобретения

Заявленный способ определения теплопроводности насыщенной пористой среды обеспечивает расширение диапазона применения и повышение точности определения теплопроводности пористых сред по

сравнению с известными способами и заключается в определении микроструктуры исследуемого образца и решении задачи теплопроводности, основанном на декомпозиции расчетной области с последующей композицией.

Заявленный способ определения теплопроводности включает в себя следующие этапы:

- определяют состав насыщенной пористой среды и коэффициенты теплопроводности выявленных компонентов,

- осуществляют рентгеновское сканирование образца среды с получением трехмерного изображения, представляющего собой единую расчетную область и состоящего из N объемных ячеек, при этом $N = N_x * N_y * N_z$ где N_x, N_y, N_z – количество объемных ячеек вдоль осей x, y, z соответственно,

- объединяют N объемных ячеек в n ячеек декомпозиции, при этом $n = n_x * n_y * n_z$, где n_x, n_y, n_z - количество ячеек декомпозиции вдоль осей x, y, z соответственно, причем $2 < n_x < N_x, 2 < n_y < N_y, 2 < n_z < N_z$,

- для каждой ячейки декомпозиции в каждом направлении x, y, z решают задачу теплопроводности и определяют эффективный коэффициент теплопроводности в каждом направлении,

- объединяют ячейки декомпозиции в единую расчетную область,

- решают задачу теплопроводности для единой расчетной области, составленной из ячеек декомпозиции, и определяют эффективный коэффициент теплопроводности для всей расчетной области по трем направлениям,

- определяют коэффициент теплопроводности насыщенной пористой среды как среднеарифметическую величину коэффициентов теплопроводности по координатным осям.

Краткое описание чертежей

На Фиг. 1 представлена микроструктура образца, имеющего форму параллелепипеда;

На Фиг. 2 показана декомпозиция расчетной области;

На Фиг. 3 изображена ячейка декомпозиции;

На Фиг. 4 приведены граничные поверхности для направлений x , y , z ;

На Фиг. 5 представлен образец горной породы размерностью 240x240x240мм.

Подробное описание изобретения

При осуществлении заявленного способа первоначально необходимо определить состав пористой среды и, соответственно, значения коэффициентов теплопроводности выявленных компонентов. Определение компонентного состава может быть реализовано путем применения известных методик, например, описанных в кн. Шванов В. Н. Петрография песчаных пород (компонентный состав, систематика и описание минеральных видов). – Л.: Недра, 1987, 269 с. Коэффициент теплопроводности обнаруженных материалов определяется из справочной литературы, например из Clauser, C and E. Huenges, 1995, Thermal Conductivity of Rocks and Minerals, Rock Physics and Phase Relations.

Далее, необходимо получить данные о микроструктуре среды (образца). Для исследования берут образец насыщенной пористой среды, имеющий форму прямоугольного параллелепипеда. Результаты такого исследования представляются, как правило, в виде данных о

заполнении каждой единицы расчетной области (образец исследуемой среды представляет из себя расчетную область) тем или иным материалом. Единица расчетной области выбирается в зависимости от типа исследования.

Микроструктуру образца определяют посредством рентгеновского сканирования образца. Рентгеновские компьютерные томографы для получения данных о микроструктуре описаны, например, в

<http://www.ngi.no/no/Innholdsbokser/Referansjeprojekter-LISTER-/Referanser/Rock-structure-visualisation-with-CT/A> или Sasov, Microtomography, Journal of Microscopy, Vol. 147 (2): 169-192, 1987.

В результате сканирования получают данные о микроструктуре образца высотой H , длиной L и шириной B в виде объемной расчетной области, состоящей из $N_x * N_y * N_z$ объемных ячеек (вокселей), где N_x , N_y , N_z – количество объемных ячеек вдоль оси x , y , z , соответственно, и длиной ребра каждой такой объемной ячейки (вокселя), равной величине разрешения сканирования (Фиг.1). Считают, что при определении микроструктуры каждая такая объемная ячейка заполнена, т.е. соответствует определенному материалу из исследуемой двух- или многокомпонентной среды, например, скелету или флюиду. Так, на Фиг. 1 белый цвет соответствует скелету пористой среды, черный – флюиду, находящемуся в порах. Следовательно, считают известными значения коэффициентов теплопроводности каждой объемной ячейки.

На Фиг. 2 показана декомпозиция единой расчетной области длиной δx , шириной δy и высотой δz , в процессе которой $N_x * N_y * N_z$ объемных ячеек расчетной области объединяют в $n_x * n_y * n_z$ ячеек декомпозиции с размерами ячейки, равными $D_x * D_y * D_z$ в направлениях оси x , y , z , соответственно, таким образом, что количество ячеек

декомпозиции по соответствующим направлениям удовлетворяет следующим неравенствам: $2 < n_x < N_x$, $2 < n_y < N_y$, $2 < n_z < N_z$. На Фиг. 2

Для каждой из этих ячеек декомпозиции $-ijk-$ в каждом направлении x , y , z решается задача теплопроводности с учетом установленных допущений (Фиг. 3), математическая модель которой состоит из уравнения теплопроводности (1) и граничных условий (2):

$$\text{div}(l^\alpha \text{grad} T) = 0, \quad (1)$$

где l^α – коэффициент теплопроводности, который принимается в соответствие с результатом рентгеновского сканирования для каждого вокселя, α – номер вокселя в ячейке декомпозиции (так, например, при двухкомпонентной среде принимаем, что $\alpha=1$ соответствует скелету, $\alpha=0$ соответствует заполняющему поры материалу), T – температура, div , grad – математические операторы,

Граничные условия устанавливаются следующим образом (Фиг. 4). По каждому из направлений x , y , z первая по рассматриваемой оси перпендикулярная ей поверхность ячейки считается B_1 , а противоположная – B_2 . Принимают значения температур на указанных поверхностях равными T_1 и T_2 , соответственно. Остальные поверхности ячейки декомпозиции считаются теплоизолированными. Таким образом, граничные условия представлены в виде:

$$\text{На границе } B_1: T = T_1, \quad (2)$$

$$\text{На границе } B_2: T = T_2,$$

$$\text{На всех остальных границах: } (l^\alpha \text{grad} T, \mathbf{n}) = 0,$$

где $\mathbf{n}$ – нормаль к граничной поверхности.

Вместе с тем, следует отметить, что математическая модель задачи теплопроводности для расчетной области составляется с учетом

следующих важных допущений: тепловой поток распространяется только в рассматриваемом направлении, т.е. принимаем, что тепловой поток распространяется вдоль координатной оси (x, y, z) для которой составляется текущее уравнение; главные оси анизотропии совпадают с координатными осями (т.е. протяженность неодинаковости свойств совпадает с координатными осями x, y, z).

Решением математической модели, состоящей из уравнений теплопроводности (1) и граничных условий (2) при принятых допущениях, являются поля температур, по которым рассчитываются поля нормальных производных температуры по граничным поверхностям ячейки декомпозиции.

Тепловой поток, проходящий через границу ячейки декомпозиции в направлениях x, y, z определяется через интеграл площади от производной температуры по соответствующим направлениям (осям) и равен:

$$Q_x^{ijk} = \int_{S_{yz}} l^\alpha \frac{\partial T}{\partial x} dS, \quad Q_y^{ijk} = \int_{S_{xz}} l^\alpha \frac{\partial T}{\partial y} dS, \quad Q_z^{ijk} = \int_{S_{xy}} l^\alpha \frac{\partial T}{\partial z} dS,$$

где S_{yz} – площадь поверхности образца, перпендикулярной оси x , S_{xz} – площадь поверхности образца, перпендикулярной оси y , S_{xy} – площадь поверхности образца, перпендикулярной оси z .

В случае макроскопического описания пористой среды распространение тепла описывается законом Фурье, в котором тензор теплопроводности заменен на тензор эффективной теплопроводности.

Для каждой ячейки декомпозиции распространение тепла, описываемого законом Фурье, имеет вид:

$$l_{x\text{эф}}^{ijk} = \frac{Q_x^{ijk} Dx}{(T_2 - T_1) Dy Dz},$$

$$l_{y\text{эф}}^{ijk} = \frac{Q_y^{ijk} Dy}{(T_2 - T_1) Dx Dz},$$

$$l_{z\text{эф}}^{ijk} = \frac{Q_z^{ijk} Dz}{(T_2 - T_1) Dx Dy},$$

где $l_{x\text{эф}}^{ijk}$, $l_{y\text{эф}}^{ijk}$, $l_{z\text{эф}}^{ijk}$ – эффективные коэффициенты теплопроводности в направлениях x , y , z , соответственно.

Последующей операцией способа является объединение ячеек декомпозиции в единую расчетную область, считая, что каждая ячейка декомпозиции является однородной с коэффициентом теплопроводности, равным значению эффективного коэффициента теплопроводности в каждой такой ячейке.

Далее, уже для объединенной расчетной области, составленной из ячеек декомпозиции, решается задача теплопроводности, математическая модель которой состоит из уравнения теплопроводности для объединенной расчетной области и имеет вид:

$$\text{div}([l_{\text{эф}}^{ijk}] \text{grad} T) = 0,$$

и граничных условий, представляющих собой заданные значения температур T_1 и T_2 на, соответственно, первой перпендикулярной рассматриваемой оси поверхности (x , y , z) и противоположной ей поверхности, при этом остальные поверхности считаются теплоизолированными.

Предположения о том, что тепловой поток распространяется только по рассматриваемому направлению (ось x , y , z), и главные оси анизотропии совпадают с координатными осями сохраняют свою силу.

Тепловой поток, проходящий через границы объединенной

расчетной области в направлениях x , y , z составляет:

$$Q_x = \int_{S'_{yz}} l_{x\text{эф}}^{ijk} \frac{\partial T}{\partial x} dS, \quad Q_y = \int_{S'_{xz}} l_{y\text{эф}}^{ijk} \frac{\partial T}{\partial y} dS, \quad Q_z = \int_{S'_{xy}} l_{z\text{эф}}^{ijk} \frac{\partial T}{\partial z} dS,$$

где S'_{yz} – площадь поверхности образца, перпендикулярной оси x , S'_{xz} – площадь поверхности образца, перпендикулярной оси y , S'_{xy} – площадь поверхности образца, перпендикулярной оси z .

При решении задачи теплопроводности совместно с граничными условиями при указанных допущениях, определяется эффективный коэффициент теплопроводности для всей расчетной области по трем направлениям x , y , z :

$$l_{x\text{эф}} = \frac{Q_x \delta x}{(T_2 - T_1) \delta y \delta z},$$

$$l_{y\text{эф}} = \frac{Q_y \delta y}{(T_2 - T_1) \delta x \delta z},$$

$$l_{z\text{эф}} = \frac{Q_z \delta z}{(T_2 - T_1) \delta x \delta y},$$

где δx , δy , δz – размеры образца.

Коэффициент теплопроводности среды равен среднеарифметической величине полученных значений коэффициентов теплопроводности по каждой координатной оси, а именно: $l = 1/3 * (l_{x\text{эф}} + l_{y\text{эф}} + l_{z\text{эф}})$.

Предложенный способ был протестирован на образцах 240x240x240мм и применен для образцов размерностью 1800x1800x1800 мм.

Так, для тестового образца размерностью 240x240x240 мм был определен коэффициент теплопроводности с помощью предложенного метода.

Число ячеек декомпозиции $n=4$ по каждой координатной оси, общее число ячеек декомпозиции равно $4 \times 4 \times 4 = 64$.

Для каждой ячейки декомпозиции были определены значения коэффициентов эффективной теплопроводности в направлениях x , y , z . Затем ячейки декомпозиции были объединены в единую расчетную область, где каждая ячейка декомпозиции была представлена как однородный материал с эффективными коэффициентами теплопроводности, определенными на предыдущем этапе. Далее был определен эффективный коэффициент теплопроводности всего образца в направлениях x , y , z . Значения, для различных заполняющих флюидов приведены в Таблице 1.

Сравнение результатов определения коэффициента теплопроводности с точным решением показало, что погрешность определения по направления x , y , z для рассматриваемого образца не превышает 0,56% (Таблица 1).

Таблица 1

Направление x							
Отношение теплопроводности насыщающего флюида к теплопроводности горной породы, λ_f/λ_s	0,01	0,1	0,247	0,5	0,75	0,99	1
Предложенный метод, $\lambda_{x\text{ eff}}/\lambda_s$	0,555	0,650	0,747	0,856	0,936	0,998	1
Точное решение, $\lambda_{x\text{ eff}}/\lambda_s$	0,556	0,649	0,747	0,857	0,936	0,998	1
Погрешность, %	0,135	0,081	0,043	0,006	0,001	0,008	0
Направление y							
Отношение теплопроводности насыщающего флюида к теплопроводности горной породы, λ_f/λ_s	0,01	0,1	0,247	0,5	0,75	0,99	1

Предложенный метод, $\lambda_{y \text{ eff}}/\lambda_s$	0,549	0,649	0,747	0,857	0,936	0,998	1
Точное решение, $\lambda_{y \text{ eff}}/\lambda_s$	0,553	0,649	0,747	0,857	0,936	0,998	1
Погрешность, %	0,559	0,094	0,018	0,008	0,004	0,008	0
Направление z							
Отношение теплопроводности насыщающего флюида к теплопроводности горной породы, λ_f/λ_s	0,01	0,1	0,247	0,5	0,75	0,99	1
Предложенный метод, $\lambda_{z \text{ eff}}/\lambda_s$	0,607	0,684	0,765	0,863	0,937	0,998	1
Точное решение, $\lambda_{z \text{ eff}}/\lambda_s$	0,608	0,684	0,766	0,863	0,937	0,998	1
Погрешность, %	0,171	0,074	0,052	0,023	0,007	0,009	0

Результаты определения коэффициента теплопроводности для образца 1800x1800x1800 мм с помощью предложенного метода представлены в Таблице 2.

Таблица 2

Отношение теплопроводности насыщающего флюида к теплопроводности горной породы, λ_f/λ_s	0,01	0,247
	λ_{eff} , (Вт/м·К)	
Направление x	0,562	0,750
Направление y	0,548	0,747
Направление z	0,601	0,764

Формула

1. Способ определения теплопроводности насыщенной пористой среды, включающий следующие этапы:

- определяют состав насыщенной пористой среды и коэффициенты теплопроводности выявленных компонентов,

- осуществляют рентгеновское сканирование образца насыщенной пористой среды с получением его трехмерного изображения, представляющего собой единую расчетную область и состоящего из N объемных ячеек, при этом $N = N_x * N_y * N_z$ где N_x, N_y, N_z – количество объемных ячеек вдоль осей x, y, z соответственно,

- объединяют N объемных ячеек в n ячеек декомпозиции, при этом $n = n_x * n_y * n_z$, где n_x, n_y, n_z - количество ячеек декомпозиции вдоль осей x, y, z соответственно, причем $2 < n_x < N_x, 2 < n_y < N_y, 2 < n_z < N_z$,

- для каждой ячейки декомпозиции в каждом направлении x, y, z решают задачу теплопроводности и определяют эффективный коэффициент теплопроводности в каждом направлении,

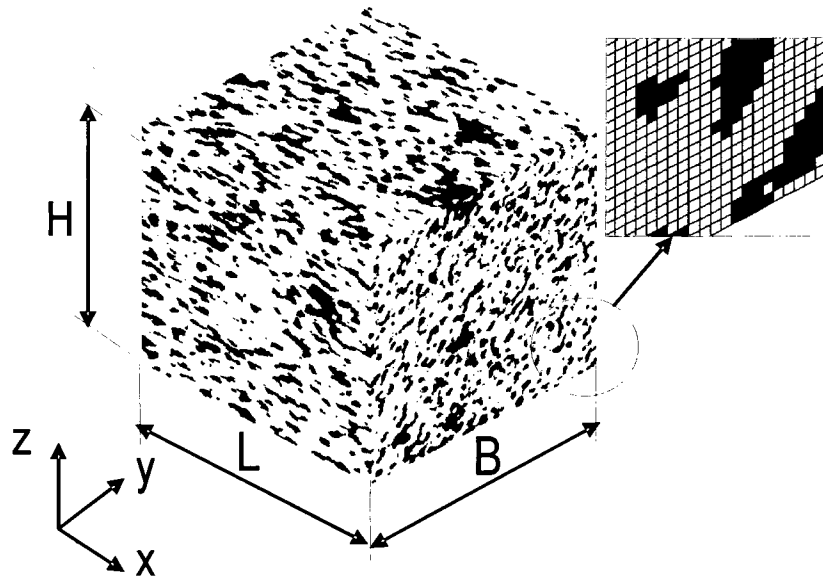
- объединяют ячейки декомпозиции в единую расчетную область,

- решают задачу теплопроводности для единой расчетной области, составленной из ячеек декомпозиции, и определяют эффективный коэффициент теплопроводности для всей расчетной области по трем направлениям,

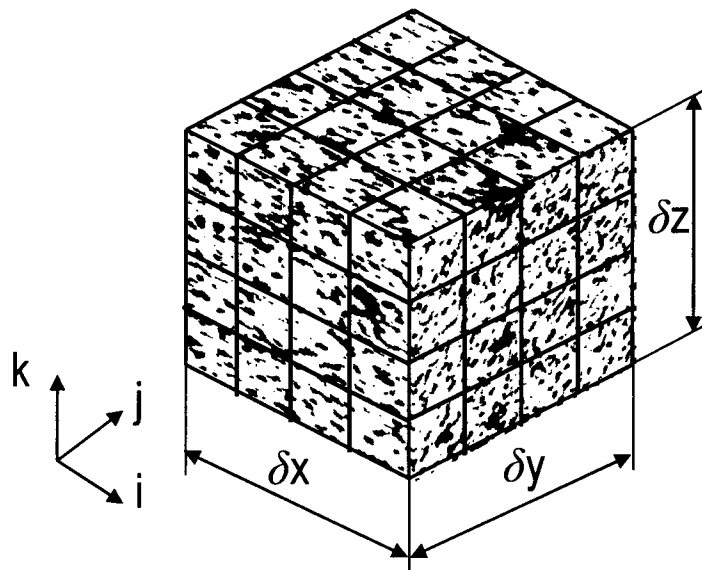
- определяют коэффициент теплопроводности насыщенной пористой среды как среднеарифметическую величину коэффициентов теплопроводности по координатным осям.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что насыщенной пористой средой является горная порода.

1/2

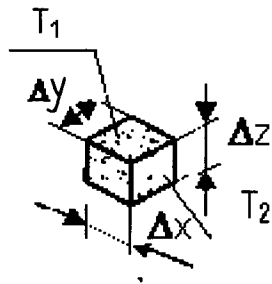


Фиг.1

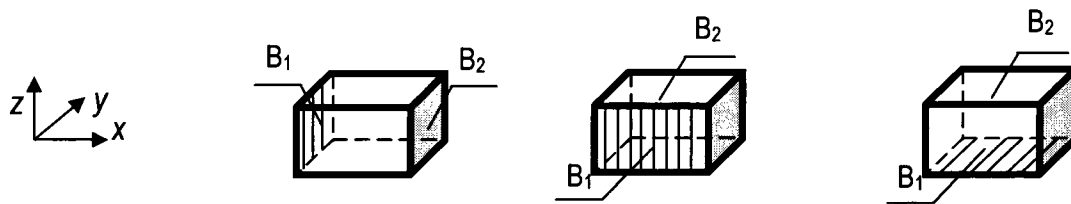


Фиг.2

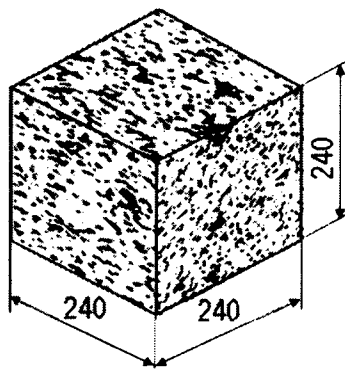
2/2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/RU 2010/000804

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 25/18 (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N 25/00, 25/18, 25/20, E21B 47/00, 47/06, 47/07, G01N 23/00, 23/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

PAJ, Esp@senet, PCT Online, USPTO DB, RUPTO

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	RU 2190209 C1 (GUROV PETR NIKOLAEVICH) 27.09.2002, the abstract, p. 4, lines 1 -5, 39-42, p. 11, lines 38-53, p. 12, lines 1 -25, p. 13, lines 5-13	1, 2
A	RU 2277235 C1 (GOSUDARSTVENNOE OBRAZOVATELNOE UCHREZHDIENIE VYSSHEGO PROFESSIONALNOGO OBRAZOVANIYA UFINSKY GOSUDARSTVENNY AVIATIONSKY TEKHNIЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ) 27.05.2006, the claims	1, 2
A	SU 1224695 A (NAUCHNO-ISSLEDOVATELSKY INSTITUT STROITELNOI FIZIKI GOSSTROYA SSSR) 15.04.1986, the abstract	1, 2
A	SU 537288 A (I. I. DERYAVKO et al.) 16.12.1976, the claims	1, 2
A	DE 3204028 A1 (PHILIPS PATENTVERWALTUNG GMBH) 1.08.1983, the abstract	1, 2



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 August 2011 (31.08.2011)

Date of mailing of the international search report

15 September 2011 (15.09.2011)

Name and mailing address of the ISA/

RU

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Номер международной заявки
PCT/RU 2010/000804А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ *G01N 25/18 (2006.01)*

Согласно Международной патентной классификации МПК

В. ОБЛАСТЬ ПОИСКА

Проверенный минимум документации (система классификации с индексами классификации)
G01N 25/00, 25/18, 25/20, E21B 47/00, 47/06, 47/07, G01N 23/00, 23/20

Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки

Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины)
PAJ, Esp@cenet, PCT Online, USPTO DB, RUPTO

С. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:

Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A	RU 2190209 C1 (ГУРОВ ПЕТР НИКОЛАЕВИЧ) 27.09.2002, реферат, с. 4, строки 1-5, 39-42, с. 11, строки 38-53, с. 12, строки 1-25, с. 13, строки 5-13	1, 2
A	RU 2277235 C1 (ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ) 27.05.2006, формула	1, 2
A	SU 1224695 A (НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНОЙ ФИЗИКИ ГОССТРОЯ СССР) 15.04.1986, реферат	1, 2
A	SU 537288 A (И. И. ДЕРЯВКО и др.) 16.12.1976, формула	1, 2
A	DE 3204028 A1 (PHILIPS PATENTVERWALTUNG GMBH) 11.08.1983, реферат	1, 2



последующие документы указаны в продолжении графы С.



данные о патентах-аналогах указаны в приложении

* Особые категории ссылочных документов:	
“А” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным	“Т” более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение
“Е” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее	“Х” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности
“L” документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)	“У” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста
“О” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.	“&” документ, являющийся патентом-аналогом
“Р” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета	

Дата действительного завершения международного поиска
31 августа 2011 (31.08.2011)Дата отправки настоящего отчета о международном поиске
15 сентября 2011 (15.09.2011)Наименование и адрес ISA/RU:
ФИПС,
РФ, 123995, Москва, Г-59, ГСП-5, Бережковская наб., 30-1

Уполномоченное лицо:

Е. Ирицкий

Факс: (499) 243-33-37

Телефон № +7 (499) 240-25-91