

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2421711

**СПОСОБ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ
КОМПЛЕКСА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ТВЕРДЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

Патентообладатель(ли): *Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет" (ВолгГАСУ) (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2009129316

Приоритет изобретения 29 июля 2009 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 20 июня 2011 г.

Срок действия патента истекает 29 июля 2029 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам



Б.П. Симонов

Автор(ы): **Фокин Владимир Михайлович (RU), Ковылин Андрей Васильевич (RU)**





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21)(22) Заявка: 2009129316/28, 29.07.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.07.2009

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.07.2009

(43) Дата публикации заявки: 10.02.2011 Бюл. № 4

(45) Опубликовано: 20.06.2011 Бюл. № 17

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2263901 C1, 10.11.2005. RU 2262686 C1, 20.10.2005. SU 599195 A, 10.03.1978. US 5816706 A, 06.10.1998.

Адрес для переписки:

400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1,
ГОУ ВПО "Волгоградский государственный
архитектурно-строительный университет"
(ВолгГАСУ)

(72) Автор(ы):

Фокин Владимир Михайлович (RU),
Ковылин Андрей Васильевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования "Волгоградский
государственный архитектурно-
строительный университет" (ВолгГАСУ)
(RU)

(54) СПОСОБ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КОМПЛЕКСА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТВЕРДЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

(57) Формула изобретения

1. Способ неразрушающего контроля комплекса теплофизических характеристик твердых строительных материалов, состоящий в измерении температуры и плотности теплового потока и определении теплофизических характеристик по соответствующим теоретическим зависимостям, отличающийся тем, что в качестве исследуемой используют ограждающую конструкцию здания, при этом измерение температуры осуществляется посредством установки датчиков на внутреннюю и наружную поверхности ограждающей конструкции здания и датчика измерения теплового потока на наружную ее поверхность, регистрируют изменение температур внутренней и наружной поверхностей в заданный промежуток времени с занесением данных измерения в электронный блок памяти и фиксируют максимальную разность температуры между наружной и внутренней поверхностями и тепловой поток, имеющий при этом также максимальное значение.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что коэффициент теплопроводности определяют по формуле:

RU 2 4 2 1 7 1 1 C 2



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2009129316/28, 29.07.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.07.2009

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.07.2009

(43) Дата публикации заявки: 10.02.2011 Бюл. № 4

(45) Опубликовано: 20.06.2011 Бюл. № 17

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2263901 C1, 10.11.2005. RU 2262686 C1, 20.10.2005. SU 599195 A, 10.03.1978. US 5816706 A, 06.10.1998.

Адрес для переписки:

400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1,
ГОУ ВПО "Волгоградский государственный
архитектурно-строительный университет"
(ВолгГАСУ)

(72) Автор(ы):

Фокин Владимир Михайлович (RU),
Ковылин Андрей Васильевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

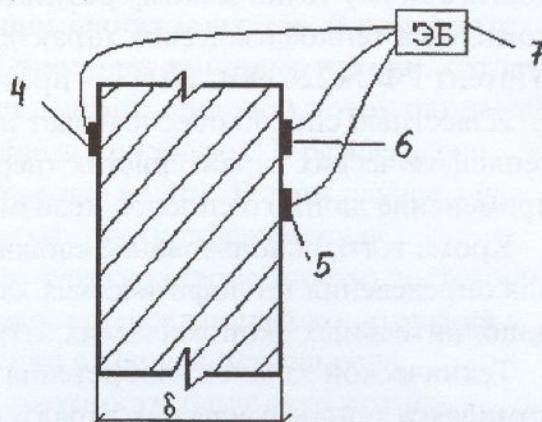
Государственное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования "Волгоградский
государственный архитектурно-
строительный университет" (ВолгГАСУ)
(RU)

(54) СПОСОБ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ КОМПЛЕКСА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТВЕРДЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

(57) Реферат:

Изобретение относится к теплофизическим измерениям. Способ включает измерение температуры и плотности теплового потока на исследуемой поверхности ограждающей конструкции здания посредством установки датчиков измерения температуры на внутреннюю и наружную поверхности ограждающей конструкции здания и датчика измерения теплового потока - на ее наружную поверхность. Данные измерений заносятся в электронный блок памяти, затем по известным математическим зависимостям определяют комплекс теплофизических характеристик ограждающей конструкции здания. Технический результат - упрощение способа

при сохранении точности контроля. 3 з.п. ф-лы, 2 ил., 1 табл.



Фиг. 1

RU 2421711 C2

Изобретение относится к теплофизическим измерениям, в частности к измерениям теплофизических характеристик твердых строительных материалов, и может найти широкое применение в теплоэнергетике, строительстве, химической технологии и т.д.

Известны способы комплексного определения теплофизических свойств, основанных на решении задач теплопроводности при действии источника (зонда) постоянной мощности (плоского, цилиндрического, сферического) в неограниченной среде.

Известен способ комплексного определения тепловых свойств веществ, основанный на использовании регулярного теплового режима третьего рода (температурных волн) с измерением монотонного изменения средней температуры образца во времени [Осипова В.А. Экспериментальное исследование процессов теплообмена. М.: Энергия, 1979. 320 с. - аналог].

При определении теплофизических характеристик внутрь исследуемых тел, расположенных соответственно на одинаковых расстояниях от нагревателей, устанавливаются термопары, которые в процессе эксперимента регистрируют температуры, а искомые коэффициенты тепло- и температуропроводности определяются по соответствующим формулам.

Основным недостатком является то, что способ относится к разрушающим методам определения теплофизических характеристик, так как требуется помещение дифференциальных термопар внутрь исследуемого образца, что и нарушает его целостность.

Известен импульсный способ линейного источника тепла, основанный на решении двумерного уравнения теплопроводности для неограниченного тела при действии в нем в течение короткого времени τ_0 линейного источника тепла, определении максимальной избыточной температуры в фиксированной точке исследуемого тела и времени наступления максимума термограммы нагрева, расчете искомых теплофизических характеристик по соответствующим формулам [Шашков А.Г., Волохов Г.М., Абраменко Т.М. Методы определения теплопроводности и температуропроводности. М.: Энергия, 1973, с. 165-178 - аналог].

Основным недостатком является то, что способ относится к разрушающим методам определения ТФХ, так как требуется помещение дифференциальных термопар внутрь исследуемого образца, что и нарушает его целостность.

Наиболее близким по наибольшему количеству существенных признаков и достигаемому техническому результату является «Способ неразрушающего контроля комплекса теплофизических характеристик твердых строительных материалов» [Патент РФ №2263901, 2004 г. - прототип].

Известный способ обеспечивает необходимый контроль комплекса теплофизических характеристик твердых материалов без разрушения образца. Однако применение данного способа невозможно непосредственно на исследуемом объекте.

Кроме того, использование сложного энергоемкого оборудования, необходимого для определения теплофизических характеристик твердых материалов, требует дополнительных экономических затрат.

Технической задачей изобретения является упрощение способа определения комплекса теплофизических характеристик твердых материалов без нарушения их целостности и при сохранении точности контроля.

Технический результат заключается в том, что при осуществлении способа измерение температуры и теплового потока осуществляется непосредственно на эксплуатируемом объекте.

Технический результат достигается тем, что в способе неразрушающего контроля комплекса теплофизических характеристик твердых строительных материалов, состоящем в измерении температуры и плотности теплового потока на исследуемой поверхности и определении теплофизических характеристик по соответствующим теоретическим зависимостям, в качестве исследуемой поверхности используется ограждающая конструкция здания, а измерения температуры осуществляется посредством установки датчиков на ее внутреннюю и наружную поверхность и датчика измерения теплового потока - на наружную ее поверхность с занесением 10 данных измерения в электронный блок памяти, при этом коэффициент теплопроводности определяют по формуле

$$\lambda = \frac{q_{\text{п}}^{\max} \cdot \delta}{T_{\text{вн}} - T_{\text{нар}}}$$

где $q_{\text{п}}^{\max}$ - максимальная плотность наружного теплового потока; δ - толщина ограждающей конструкции здания; $T_{\text{вн}}$ - температура внутренней поверхности ограждающей конструкции здания; $T_{\text{нар}}$ - температура наружной поверхности ограждающей конструкции здания, а удельную теплоемкость определяют по формуле

$$cp = \frac{B^2 \cdot z}{\lambda \cdot 2\pi}$$

где $B = \frac{q_{\text{п}}^{\max}}{\vartheta_{\text{п}}^{\max}}$ - тепловая активность ограждающей конструкции здания;

$\vartheta_{\text{п}}^{\max} = 0,5(T_{\text{max}} - T_{\text{min}})$ - амплитуда колебаний температурной полуволны; z - полный период колебаний температуры на наружной поверхности конструкции здания в заданный промежуток времени; T_{max} - максимальная температура наружной поверхности ограждающей конструкции здания; T_{min} - минимальная температура наружной поверхности ограждающей конструкции здания; при этом коэффициент температуропроводности определяют по формуле

$$a = \frac{\lambda}{cp}$$

Сущность способа неразрушающего контроля комплекса теплофизических характеристик твердых строительных материалов заключается в следующем. В естественных условиях в разные периоды года происходит нагрев или охлаждение ограждающей конструкции здания. Также в течение суток за счет солнечного излучения температура ограждающей конструкции здания меняется. В результате этого через ограждающую конструкцию здания проходят тепловые потоки, которые меняются в течение суток (а также в течение года): зимой тепловой поток направлен от внутренней стенки к наружной, а в летний период - наоборот. В результате в ограждающей конструкции возникают температурные волны. В этом случае для определения комплекса теплофизических характеристик (коэффициентов теплопроводности, объемной теплоемкости и температуропроводности) достаточно естественных условий: охлаждение наружной стенки ограждающей конструкции в холодный период года или нагрев наружной стенки в теплый период года.

Используя данные измерений температуры и плотности теплового потока исследуемой поверхности ограждающей конструкции здания, по известным 50 математическим зависимостям определяют комплекс теплофизических характеристик ограждающей конструкции здания.

Комплексный способ определения теплофизических свойств ограждающей

конструкции методом неразрушающего контроля заключается в том, что вначале определяют коэффициент теплопроводности по формуле

$$\lambda = \frac{q_{\text{n}}^{\max} \cdot \delta}{T_{\text{вн}} - T_{\text{нар}}}$$

где q_{n}^{\max} - максимальная плотность наружного теплового потока, δ - толщина

ограждающей конструкции здания; $T_{\text{вн}}$ - температура внутренней поверхности ограждающей конструкции здания; $T_{\text{нар}}$ - температура наружной поверхности ограждающей конструкции здания, а удельную теплоемкость определяют по формуле

$$c_p = \frac{B^2 \cdot z}{\lambda \cdot 2\pi}$$

где $B = \frac{q_{\text{n}}^{\max}}{\vartheta_{\text{n}}^{\max}}$ - тепловая активность ограждающей конструкции здания;

$\vartheta_{\text{n}}^{\max} = 0,5(T_{\text{max}} - T_{\text{min}})$ - амплитуда колебаний температурной полуволны; z - полный период колебаний температуры на наружной поверхности конструкции здания в заданный промежуток времени; T_{max} - максимальная температура наружной поверхности ограждающей конструкции здания; T_{min} - минимальная температура наружной поверхности ограждающей конструкции здания; при этом коэффициент температуропроводности определяют по формуле

$$a = \frac{\lambda}{c_p}$$

Способ поясняется графическим материалом:

на фиг.1 приведена схема установки датчиков температуры и теплового потока на исследуемую поверхность ограждающей конструкции здания; датчик температуры t_H 4, датчик температуры t_E 5, датчик теплового потока q 6, электронный блок 7;

на фиг.2 - график распределения температур и теплового потока в течение суток.

Способ осуществляется следующим образом. На внутреннюю и наружную стенки ограждающей конструкции здания устанавливают датчики измерения температуры и теплового потока. Изменение температур внутренней и наружной стенки ограждающей конструкции здания, а также наружного теплового потока замеряют с заданным интервалом времени и заносят в электронный блок памяти. Затем по известным математическим зависимостям определяют комплекс теплофизических характеристик.

Пример конкретного исполнения.

На внутреннюю и наружную стенки ограждающей конструкции здания устанавливали датчики измерения температуры и теплового потока. Изменение температур внутренней и наружной стенки ограждающей конструкции здания, а также теплового потока замеряли каждый час в течение суток и заносили в электронный блок памяти.

Результаты экспериментального исследования теплофизических свойств конструкции здания в течение суток в холодный период года приведены в таблице.

Таблица

Время суток t , ч	Внутренняя температура конструкции здания $T_{вн}$, °C	Наружная температура конструкции здания $T_{нар}$, °C	Разность температур ΔT , °C	Толщина конструкции здания δ , м	Тепловой поток q , Вт/м ²	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·K)	Объемная теплоемкость c_p , кДж/(м ³ К)	Коэффициент температуропроводности a , м ² /с
18	17,8	-1,2	19	0,7	13,9			
19	17,5	-2,5	20	0,7	18,9			
20	17,4	-3,1	20,5	0,7	20,8			
21	17,2	-3,5	20,7	0,7	21	0,71	1300	$0,55 \cdot 10^{-5}$
22	17	-3,3	20,3	0,7	19,8			
23	16,9	-3	19,9	0,7	15,2			
0	16,8	-2,9	19,7	0,7	10,3			
1	16,8	-2,6	19,4	0,7	7,4			
2	16,8	-2,4	19,2	0,7	5,9			
3	16,8	-2,2	19	0,7	4,6			
4	16,8	-2	18,8	0,7	4,1			
5	16,8	-1,9	18,7	0,7	3,6			
6	16,8	-1,7	18,5	0,7	3			
7	16,8	-1,3	18,1	0,7	2,5			
8	16,8	-0,5	17,3	0,7	1,9			
9	16,8	0,6	16,2	0,7	1,6			
10	16,9	1,2	15,7	0,7	1,5			
11	17,1	1,8	15,3	0,7	1,3			
12	17,3	2	15,3	0,7	1,5			
13	17,5	1,7	15,8	0,7	1,8			
14	17,5	1,4	16,1	0,7	2,2			
15	17,6	1,2	16,4	0,7	3,4			
16	17,7	0,8	16,9	0,7	4,5			
17	17,7	0,3	17,4	0,7	6,9			

Из таблицы видно, что минимальная температура наружной конструкции здания наблюдалась в ночное время и была равна -3,5°C, а максимальная температура наружной конструкции здания наблюдалась в дневное время и была равна 2°C. При этом максимальное значение теплового потока составило 21 Вт/м².

Коэффициент теплопроводности рассчитывали по формуле

$$\lambda = \frac{q_n^{\max} \cdot \delta}{T_{вн} - T_{нар}} \text{ Вт / (мК)}$$

где q_n^{\max} - максимальная плотность теплового потока, равна 21 Вт/м²; δ - толщина ограждающей конструкции здания, равна 0,7 м; $T_{вн}$ - температура внутренней поверхности ограждающей конструкции здания, равна 17,2 °C; $T_{нар}$ - температура наружной поверхности ограждающей конструкции здания, равна

$$(-3,5)^\circ\text{C}; \lambda = \frac{21 \cdot 0,7}{17,2 - (-3,5)} = 0,71$$

Удельную объемную теплоемкость исследуемой конструкции здания определяли по формуле

$$c_p = \frac{B^2 \cdot z}{\lambda \cdot 2\pi}, \text{ кДж / (м}^3\text{К)}$$

где $B = \frac{q_n^{\max}}{g_n^{\max}}$, Вт/(м² · К) - тепловая активность ограждающей конструкции

здания, $B = \frac{21}{2,8} = 8$; $g_n^{\max} = 0,5(T_{\max} - T_{\min})$, °C - амплитуда колебаний

температурной полуволны; T_{\max} - максимальная температура наружной поверхности ограждающей конструкции здания равна 2°C, T_{\min} - минимальная температура наружной поверхности конструкции здания, равна

$$(-3,5)^\circ\text{C}, g_n^{\max} = 0,5[2 - (-3,5)] = 2,8; z = 86400, \text{ с - полный период колебаний температуры на наружной поверхности конструкции здания; откуда}$$

$$c_p = \frac{8^2 \cdot 86400}{0,71 \cdot 2 \cdot 3,14} = 1300$$

Коэффициент температуропроводности определяли по известному соотношению

$$5 \quad a = \frac{\lambda}{c_p}, \text{ м}^2 / \text{с}$$

$$\text{Откуда } a = \frac{0,71}{1300} = 0,55 \cdot 10^{-6}$$

10 В соответствии с табличными данными температур и теплового потока строили график распределения температур и теплового потока ограждающей конструкции здания в суточный интервал времени.

15 На фиг.2 приведена линия температура внутренней ограждающей конструкции здания 1. Как видно из графика, данная температура меняется в течение суток незначительно, в пределах 1°C. Температура наружной ограждающей конструкции здания выражена в виде синусоидальной кривой 2, которая падает до 21 часа, затем возрастаёт до 12 часов и снова падает. Линия теплового потока 3 также изображена в виде синусоидальной кривой: перепад температур между наружной и внутренней поверхностью увеличивается, а тепловой поток при этом возрастает. Когда же 20 перепад температур между наружной и внутренней поверхностями уменьшается, тепловой поток уменьшается. Максимальная разность температур между наружной и внутренней поверхностями ограждающей конструкции здания отмечена в 21 час, тепловой поток при этом также составил максимальное значение 21 Вт/м².

25 Минимальная разность температур между наружной и внутренней поверхностями ограждающей конструкции здания наблюдалась в 12 часов, тепловой поток при этом имел значение 1,5 Вт/м².

30 Предлагаемый способ неразрушающего контроля комплекса теплофизических характеристик твердых строительных материалов позволяет измерять необходимые теплофизические характеристики непосредственно на исследуемой поверхности ограждающей конструкции эксплуатируемого здания, является менее трудоемким, не требует сложного энергоемкого оборудования и связанных с этим высоких 35 экономических затрат, таким образом является более эффективным и экономичным в сравнении с прототипом.

Формула изобретения

1. Способ неразрушающего контроля комплекса теплофизических характеристик твердых строительных материалов, состоящий в измерении температуры и плотности теплового потока и определении теплофизических характеристик по соответствующим теоретическим зависимостям, отличающийся тем, что в качестве исследуемой используют ограждающую конструкцию здания, при этом измерение температуры осуществляется посредством установки датчиков на внутреннюю и наружную поверхности ограждающей конструкции здания и датчика измерения теплового потока на наружную ее поверхность, регистрируют изменение температур внутренней и наружной поверхностей в заданный промежуток времени с занесением данных измерения в электронный блок памяти и фиксируют максимальную разность температуры между наружной и внутренней поверхностями и тепловой поток, имеющий при этом также максимальное значение.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что коэффициент теплопроводности определяют по формуле:

$$\lambda = \frac{q_{\pi}^{\max} \cdot \delta}{T_{вн} - T_{нар}},$$

где q_{π}^{\max} - максимальная плотность наружного теплового потока;

⁵ δ - толщина ограждающей конструкции здания;

$T_{вн}$ - температура внутренней поверхности ограждающей конструкции здания;

$T_{нар}$ - температура наружной поверхности ограждающей конструкции здания.

¹⁰ 3. Способ по п.1, отличающийся тем, что удельную теплоемкость определяют по формуле:

$$ср = \frac{B^2 \cdot z}{\lambda \cdot 2\pi},$$

где ¹⁵ $B = \frac{q_{\pi}^{\max}}{\vartheta_{\pi}^{\max}}$ - тепловая активность ограждающей конструкции здания;

$\vartheta_{\pi}^{\max} = 0,5(T_{\max} - T_{\min})$ - амплитуда колебаний температурной полуволны;

T_{\max} - максимальная температура наружной поверхности ограждающей конструкции здания; T_{\min} - минимальная температура наружной поверхности ограждающей конструкции здания; z - полный период колебаний температуры на наружной поверхности конструкции здания в заданный промежуток времени.

²⁰ 4. Способ по п.1, отличающийся тем, что коэффициент температуропроводности определяют по формуле:

$$25 \quad a = \frac{\lambda}{ср}.$$

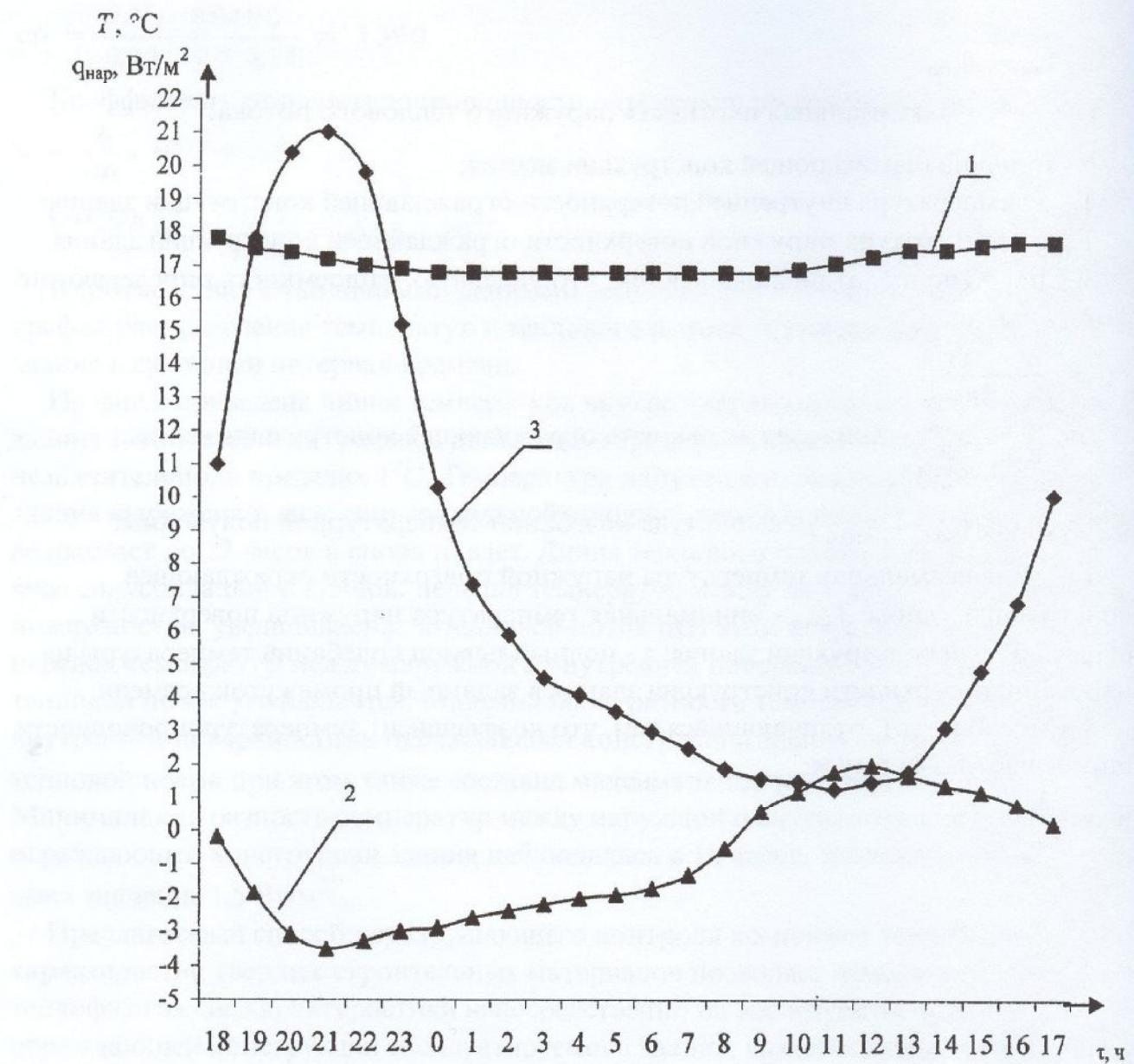
³⁰

³⁵

⁴⁰

⁴⁵

⁵⁰



Фиг.2