

УДК 628.87:658.3:697.1

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ НА МИКРОКЛИМАТ ПОМЕЩЕНИЙ ПРИ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

БЕЛИКОВ А. С.<sup>1</sup>, д. т. н., проф.,  
КОЛЕСНИК И. А.<sup>2\*</sup>, к. т. н.  
РАГИМОВ С. Ю.<sup>3\*</sup>, к. т. н., доц.  
МАЛАДЫКА И. Г.<sup>4\*</sup>, к. т. н., доц.  
ВОВК Д. В.<sup>5\*</sup>, студент

<sup>1</sup> Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственного высшего учебного заведения «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49005, Днепр, Украина, тел. +38 (0562) 46-98-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

<sup>2\*</sup> Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственного высшего учебного заведения «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49005, Днепр, Украина, тел. +38 (0562) 47-16-00, e-mail: inna-vlada@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-5852-2392

<sup>3\*</sup> Кафедра организации и технического обеспечения аварийно-спасательных работ, Национальный университет гражданской защиты Украины, ул. Чернышевского, 94, 61023, Харьков, Украина, тел. +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

<sup>4\*</sup> Кафедра пожарной тактики и аварийно-спасательных работ, Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля Национального университета гражданской защиты Украины, ул. Оноприенка, 8, 18034, г. Черкассы, Украина, тел. +38 (097) 435-10-51, e-mail: maladyka@gmail.com: ORCID ID: 0000-0001-8784-2814

<sup>5\*</sup> Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственного высшего учебного заведения «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49005, Днепр, Украина, тел. +38 (0562) 47-16-00, e-mail: dim12619960@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-3028-5396

**Аннотация.** Цель. Исследование температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции по теплопроводному включению (диафрагмы, сквозного шва из раствора, стыка панелей, жестких связей стен облегченной кладки, элементов фахверка и др.) которая должна быть не ниже температуры точки росы внутреннего воздуха при расчетной зимней температуре наружного воздуха. **Методика.** Теоретические и экспериментальные исследования проводились на основе фундаментальных знаний в области тепловых процессов и методик решения задач теплообмена, моделирования динамических процессов, метода и анализа случайных процессов, методов математической статистики и прогноза. **Результаты.** Анализ произведенных расчетов, используя зависимость (10) свидетельствует о значительном (на 5-9<sup>0</sup>С) понижении температуры на внутренней поверхности стенки в районе металлического теплопроводного включения по сравнению с температурой стенки вне теплопроводного включения. При наличии неметаллических теплопроводных включений их влияние заметно (температура снижается на 2-4<sup>0</sup>С) по сравнению с температурой на внутренней поверхности однородной стенки. **Научная новизна.** Установлены зависимости позволяющие определить температуру внутренней поверхности ограждающей конструкции в районе металлического и неметаллического теплопроводных включений при аварийных ситуациях в системах теплоснабжения. **Практическая значимость.** Проведенные исследования свидетельствуют о возможности интенсивной конденсации влаги в районе как металлических, так и неметаллических теплопроводных включений, а при продолжительном остывании помещений здания (более 2-3 суток) – промерзания стенки со всеми вытекающими из этого неблагоприятного явления последствиями (вплоть до разрушения конструкции).

**Ключевые слова:** микроклимат; ограждающие конструкции; теплопроводные включения

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕПЛОПРОВІДНИХ ВКЛЮЧЕНЬ НА МІКРОКЛІМАТ ПРИМІЩЕНЬ ПРИ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЯХ У СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

БЕЛІКОВ А. С.<sup>1</sup>, д. т. н., проф.,  
КОЛЕСНИК І. О.<sup>2\*</sup>, к. т. н.  
РАГИМОВ С. Ю.<sup>3\*</sup>, к. т. н., доц.  
МАЛАДИКА І. Г.<sup>4\*</sup>, к. т. н., доц.  
ВОВК Д. В.<sup>5\*</sup>, студент

<sup>1</sup> Кафедра безпеки життєдіяльності, Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49005, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 46-98-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

<sup>2\*</sup> Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49005, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 46-98-73, e-mail: inna-vlada@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-5852-2392

<sup>3\*</sup> Кафедра організації та технічного забезпечення аварійно-рятувальних робіт, Національний університет цивільного захисту України, вул. Чернишевського, 94, 61023, Харків, Україна, тел. +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

<sup>4\*</sup> Кафедра пожежної тактики і аварійно-рятувальних робіт, Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, ул. Онопрієнка, 8, 18034, м. Черкаси, Україна, тел. +38 (097) 435-10-51, e-mail: maladyka@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8784-2814

<sup>5\*</sup> Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, Державного вищого навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49005, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-16-00, e-mail: dim12619960@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-3028-5396

**Анотація. Мета.** Дослідження температури внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції по теплопровідних включень (діафрагми, наскрізного шва з розчину, стику панелей, жорстких зв'язків стін полегшеної кладки, елементів фахверка і ін.) Яка повинна бути не нижче температури точки роси внутрішнього повітря при розрахунковій зимовій температурі зовнішнього повітря. **Методика.** Теоретичні та експериментальні дослідження проводилися на основі фундаментальних знань в області теплових процесів і методик вирішення завдань теплообміну, моделювання динамічних процесів, методу та аналізу випадкових процесів, методів математичної статистики і прогнозу. **Результати.** Аналіз проведених розрахунків, використовуючи залежність (10) свідчить про значне (на 5-9<sup>o</sup>C) зниженні температури на внутрішній поверхні стінки в районі металевих теплопровідних включень в порівнянні з температурою стінки поза теплопровідного включення. При наявності неметалічних теплопровідних включень їх вплив помітно (температура знижується на 2-4<sup>o</sup>C) в порівнянні з температурою на внутрішній поверхні однорідної стінки. **Наукова новизна.** Встановлено залежності дозволяють визначити температуру внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції в районі металевих і неметалічних теплопровідних включень при аварійних ситуаціях в системах теплопостачання. **Практична значимість.** Проведені дослідження свідчать про можливість інтенсивної конденсації вологи в районі як металевих, так і неметалічних теплопровідних включень, а при тривалому охолодженні приміщень будівлі (більше 2-3 діб) - промерзання стінки з усіма наслідками, що впливають з цього несприятливого явища наслідками (аж до руйнування конструкції).

**Ключові слова:** мікроклімат; будівельні матеріали; огорожувальні конструкції; теплопровідні включення

## INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THERMAL CONDUCTOR INCLUSIONS ON THE MICROCLIMATE OF PREMISES UNDER EMERGENCY SITUATIONS IN THE SYSTEMS OF HEAT SUPPLY

BELIKOV A. S.<sup>1</sup>, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*,

KOLESNIK I. A.<sup>2\*</sup>, *Cand. Sc. (Tech.)*,

RAHIMOV S. Yu.<sup>3\*</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.*,

MALADYKA I. G.<sup>4\*</sup>, *Cand. Sc. (Tech.), Associate Prof.*,

VOVK D. V.<sup>5\*</sup>, *student*

<sup>1</sup> Department of Life Safety, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo st., Dnepropetrovsk 49005, Ukraine, phone +38 (0562) 46-98-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

<sup>2\*</sup> Department of heating, ventilation and air quality, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo st., Dnepropetrovsk 49005, Ukraine, phone +38 (0562) 47-16-00, e-mail: inna-vlada@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-5852-2392

<sup>3\*</sup> Department of Organization and technical support rescue operations National University of Civil Defence of Ukraine, 94 Chernishevskogo st., Kharkiv, 61023, Ukraine, phone +38 (057) 370-50-52, e-mail: sergragimov@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-0572-4465

<sup>4\*</sup> The firefighting tactics and rescue operations department, Cherkassy Institute of Fire Safety named after Heroes of Chornobyl of National University of Civil Defense of Ukraine, Head, 8, Onoprienko St., Cherkassy, Ukraine, tel. +38 (097) 435-10-51, e-mail: maladyka@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-8784-2814

<sup>5\*</sup> Department of heating, ventilation and air quality, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo st., Dnepropetrovsk 49005, Ukraine, phone +38 (0562) 47-16-00, e-mail: dim12619960@yandex.ru, ORCID ID: 0000-0003-3028-5396

**Abstract. Purpose.** Investigation of the temperature of the internal surface of the enclosing structure for heat-conducting connection (diaphragm, through-seam from the solution, joint of panels, rigid bonds of the walls of lightweight masonry, fachwerk

elements, etc.) which must be no lower than the dew point of the internal air at the design winter temperature of the outside air. **Methodology.** Theoretical and experimental studies were carried out on the basis of fundamental knowledge in the field of thermal processes and techniques for solving problems of heat transfer, modeling of dynamic processes, methods and analysis of random processes, methods of mathematical statistics and forecasting. **Findings.** Analysis of the calculations performed using the dependence (10) indicates a significant (by 5-9 °C) decrease in temperature on the inner wall surface in the vicinity of the metallic thermal conductive inclusion in comparison with the wall temperature outside the thermal conductive inclusion. In the presence of nonmetallic heat-conducting inclusions, their effect is noticeable (the temperature decreases by 2-4 °C) in comparison with the temperature on the inner surface of a homogeneous wall. **Originality.** The dependencies allowing to determine the temperature of the inner surface of the enclosing structure in the area of metallic and non-metallic heat-conducting inclusions in emergency situations in heat supply systems are established. **Practical value.** The conducted researches testify to the possibility of intensive condensation of moisture in the area of both metallic and nonmetallic heat-conducting inclusions, and with prolonged cooling of the building's premises (more than 2-3 days), freezing of the wall with all the consequences resulting from this unfavorable phenomenon (up to the destruction of the structure).

**Keywords:** microclimate; Walling; Thermally conductive inclusions

### Введение

Теплопроводные включения представляют собой участки ограждающих конструкций здания, через которые происходят теплопотери с относительно более высокой интенсивностью, что способствует повышенному потреблению энергии и снижает тепловой комфорт. Теплопроводные включения способствуют повреждению конструкций здания. В хорошо опасность конденсации влаги.

В случае, когда какой-либо материал наружного ограждения примыкает к материалу, имеющему другой коэффициент теплопередачи, тепло уходит преимущественно через материал, имеющий большой коэффициент теплопередачи. Неправильная укладка теплоизоляционного материала, его переуплотнение при производстве работ, неправильная стыковка или пропуск могут стать причиной излишних теплопотерь. Теплоизоляция стен здания снаружи позволяет значительно уменьшить количество теплопроводных включений.

Стыки панелей в сборных домах часто являются причиной дополнительных теплопотерь. Иногда они более широкие, чем это было запроектировано. В старых зданиях стыки заделывались штукатуркой или раствором, в то время как в более новых домах используется материал на основе резины. При дополнительной теплоизоляции стен здания снаружи теплопотери через стыки можно значительно уменьшить. Явление конденсации влаги на внутренних поверхностях обнаруживается там, где температура минимальна. В процессе строительства или реконструкции зданий для исключения выпадения конденсата необходимо применять более легкие материалы, из которых выполняются конструктивные связи в многослойных ограждениях, дополнительное утепление стыков. Радикальным средством устранения выпадения конденсата в существующих домах является теплоизоляция наружной поверхности стен.

### Цель

Исследование температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции по теплопроводному включению (диафрагмы, сквозного шва из раствора,

изолированных зданиях отрицательный эффект теплопроводных включений значительно выше, чем в зданиях с плохой теплоизоляцией.

В углах наружных стен понижение температуры их поверхности обусловлено тем, что площадь этой поверхности внутри меньше, чем снаружи, поэтому с этих мест будет происходить повышенная потеря тепла, а при недостаточной вентиляции существует

стыка панелей, жестких связей стен облегченной кладки, элементов фахверка и др.) которая должна быть не ниже температуры точки росы внутреннего воздуха при расчетной зимней температуре наружного воздуха.

### Изложение основного материала исследований

Температура внутренней поверхности  $t_{в}$ , °C ограждающей конструкции (без теплопроводного включения) можно определить по формуле:

$$t_{в} = t_{н} - \frac{n(t_{н} - t_{н})}{R_0 \cdot \alpha_{в}} \quad (1)$$

Температура внутренней поверхности  $t_{в}'$ , °C ограждающей конструкции (по теплопроводному включению) принимается на основании расчета температурного поля конструкции.

Для теплопроводных включений температуру  $t_{в}'$ , °C допускается определять [3, 4]:

- для неметаллических теплопроводных включений:

$$t_{в}' = t_{в} - \frac{n(t_{н} - t_{н})}{R_0^{y.c.n.} \cdot \alpha_{в}} [1 + \eta \left( \frac{R_0^{y.c.n.}}{R_0'} - 1 \right)] \quad (2)$$

- для металлических теплопроводных включений-по формуле:

$$t_{в}' = t_{в} - \frac{n(t_{н} - t_{н})}{R_0^{y.c.n.} \cdot \alpha_{в}} [1 + \xi (R_0^{y.c.n.} \cdot \alpha_{в})] \quad (3)$$

где  $n$  - коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху;

$t_{н}$  - расчетная температура внутреннего воздуха, °C, принимаемая согласно нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений;

$t_{н}$  - расчетная зимняя температура наружного воздуха, °C, принимаемая с учетом тепловой инерции ограждающих конструкций (за исключением проемов);

$\alpha_{в}$  - коэффициент теплоотдачи внутренней

поверхности ограждающих конструкций, Вт/м<sup>2</sup>С;  
 $R_0'$  - сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>С/Вт;  
 $R_0', R_0^{ycl}$  - сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, м<sup>2</sup>С/Вт;  
 $n, \xi$  - коэффициенты, определяемые по таблицам.  
 [3, 4]

Для определения температуры  $t_{в}'$  на внутренней поверхности ограждения в районе теплопроводного включения в охлаждающемся помещении нами предложены следующие зависимости:

- для неметаллического теплопроводного включения:

$$t_{в}' = \frac{[t_{н} + (t_{в}' - t_{н})e^{-\frac{z}{\beta}}][R_0^{ycl} \cdot \alpha_{в} - n[1 + \eta(\frac{R_0^{ycl}}{R_0'} - 1)]] + n \cdot t_{н}[1 + \eta(\frac{R_0^{ycl}}{R_0'} - 1)]}{R_0^{ycl} \cdot \alpha_{в}} \quad (4)$$

При  $n = 1$  для наружных стен и окон получим:

$$t_{в}' = \frac{[t_{н} + (t_{в}' - t_{н})e^{-\frac{z}{\beta}}][R_0^{ycl} \cdot \alpha_{в} - 1 - \eta(\frac{R_0^{ycl}}{R_0'} - 1)] + t_{н}[1 + \eta(\frac{R_0^{ycl}}{R_0'} - 1)]}{R_0^{ycl} \cdot \alpha_{в}} \quad (5)$$

- для металлического теплопроводного включения:

$$t_{в}' = \frac{[t_{н} + (t_{в}' - t_{н})e^{-\frac{z}{\beta}}][R_0^{ycl} \cdot \alpha_{в} - n - n\xi R_0^{ycl} \cdot \alpha_{в}] + n t_{н} \xi \alpha_{в} R_0^{ycl}}{R_0^{ycl} \cdot \alpha_{в}} \quad (6)$$

При  $n = 1$  для наружных стен и окон получим:

$$t_{в}' = \frac{[t_{н} + (t_{в}' - t_{н})e^{-\frac{z}{\beta}}][R_0^{ycl} \cdot \alpha_{в} (1 - \xi) - 1] + t_{н}(1 + \xi R_0^{ycl} \cdot \alpha_{в})}{R_0^{ycl} \cdot \alpha_{в}} \quad (7)$$

Получена так же зависимость для динамики температур на внутренней поверхности ограждения вне теплопроводного включения в охлаждающемся помещении (при отключении системы отопления) для стен ( $n = 1$ ).

$$t_{в} = t_{в} - \frac{(t_{в} - t_{н})n}{R_0^{ycl} \cdot \alpha_{в}};$$

$$t_{в} = \frac{t_{в} \alpha_{в} R_0^{ycl} - (t_{в} - t_{н})n}{R_0^{ycl} \cdot \alpha_{в}}; \quad (8)$$

При  $n = 1$

$$t_{в} = \frac{t_{в} \alpha_{в} R_0^{ycl} - t_{в} + t_{н}}{R_0^{ycl} \cdot \alpha_{в}};$$

$$t_{в} = \frac{t_{в} (R_0^{ycl} \cdot \alpha_{в} - 1) + t_{н}}{R_0^{ycl} \cdot \alpha_{в}}; \quad (9)$$

Таким образом:

$$t_{в} = \frac{[t_{н} + (t_{в}' - t_{н})e^{-\frac{z}{\beta}}][R_0^{ycl} \cdot \alpha_{в} - 1] + t_{н}}{R_0^{ycl} \cdot \alpha_{в}} \quad (10)$$

Полученные нами зависимости дают возможность прогнозировать температуру внутренней поверхности ограждающей конструкции в районе теплопроводных включений, как металлических, так и неметаллических при охлаждении помещений вследствие аварийных ситуаций в системах теплоснабжения.

### Выводы

Анализ проведенных расчетов, используя зависимость (6) свидетельствует о значительном (на 5 - 9 °С) понижении температуры на внутренней поверхности стенки в районе металлического теплопроводного включения по сравнению с температурой стенки вне теплопроводного включения. При наличии неметаллических теплопроводных включений их влияние заметно (температура снижается на 2 - 4 °С) по сравнению с температурой на внутренней поверхности однородной стенки.

Все это свидетельствует о возможности интенсивной конденсации влаги в районе как металлических, так и неметаллических теплопроводных включений, а при продолжительном остывании помещений здания (более 2 - 3 суток) - промерзания стенки со всеми вытекающими из этого неблагоприятного явления последствиями (вплоть до разрушения конструкции).

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Банхиди Л. Тепловой микроклимат помещений: Расчет комфортных параметров по теплоощущениям человека / Пер. с венг. В. М. Беляева; Под ред. В. И. Прохорова и А. Л. Наумова. - Москва: Стройиздат, 1981. - 248 с.
2. Богословский В. Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха): учеб. для вузов 2-е изд., перера. и доп. - Москва: Высшая школа, 1982. - 415 с.
3. Данилов М. П. Теплоустойчивость и тепловой режим зданий, инженерных коммуникаций и промышленных объектов / М. П. Данилов, Л. Н. Григорьев, А. В. Мерещук. - Днепропетровск: РИО ПГАСА, 2001. - 122 с.
4. Данилов М. П. Теплоустойчивость зданий в экосистеме "окружающая среда - здание - человек" (аварийно-дефицитные тепловые режимы, гелио- и ветровые аспекты): уч. пособ. / М. П. Данилов, И. Л. Ветвицкий, Л. Г. Чесанов, И. А. Колесник. - Днепропетровск: Полиграфист, 2005. - 262 с.
5. Демин О. Б. Физико-технические основы проектирования зданий и сооружений: учеб. пособ. - Тамбов: Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. - Ч. 2. - 84 с.
6. Захаренко И. М. Воздействие окружающей среды на конструкции зданий и сооружений / И. М. Захаренко, Н. И. Гончаренко // Вісник КТУ. - Кривий Ріг: ДВНЗ «Криворізький національний університет», 2011. - Вип. 28. - С. 3-7. - Режим доступа: [http://knu.edu.ua/Files/V\\_28\\_2011/18.pdf](http://knu.edu.ua/Files/V_28_2011/18.pdf)
7. Камья Ф. М. Импульсная теория теплопроводности. - Москва: Энергия, 1972. - 271 с.
8. Козлов В. П. Методы неразрушающего контроля при исследовании теплофизических характеристик твердых материалов / В. П. Козлов, А. В. Станкевич // Инж. физ. журн. - 1984. - Т. 47. - № 2. - С. 250-252.
9. Кондратьев Г. М. Регулярный тепловой режим. - Москва: Наука, 1964. - 487 с.
10. Кондратьев Г. М. Тепловые измерения. - Москва - Ленинград: Машгиз, 1956. - 253 с.
11. Кононович Ю. В. Тепловой режим зданий массовой застройки / Ю. В. Кононович. - Москва: Стройиздат, 1986. - 158 с.
12. Коротков П. А., Лондон Г. Е. Динамические контактные измерения тепловых величин. - Ленинград: Машиностроение, 1974. - 222 с.
13. Мищенко С. В. Анализ и синтез измерительных систем / С. В. Мищенко, О. Л. Муромцев, Э. И. Цветков, В. Н. Чернышов. - Тамбов: Тамб. гос. техн. ун-т, 1995. - 238 с.

14. Платунов Е. С. и др. Теплофизические измерения и приборы. – Ленинград: Машиностроение, 1986. – 256 с.
15. Платунов Е. С. Теплофизические измерения в монотонном режиме. – Ленинград: Энергия, 1973. – 143 с.
16. Табунщиков Ю. А. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений / Ю. А. Табунщиков, Д. Ю. Хромец, Ю. А. Матросов. – Москва: Стройиздат, 1986. – 379 с.
17. Фокин К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / Под ред. Ю. А. Табунщикова, В. Г. Гагарина, 5-е изд., пересмотр. – Москва: АВОК-ПРЕСС, 2006. – 256 с.
18. Шашков А. Г. Методы определения теплопроводности и температуропроводности / А. Г. Шашков, Г. М. Волохов, Т. Н. Абраменко, В. П. Козлов. – Ленинград: Энергия, 1973. – 242 с.
19. Шлыков Ю. П., Гарин Е. А. Контактный теплообмен. – Москва – Ленинград: Энергия, 1963. – 144 с.
20. Шнейдер П. Инженерные проблемы теплопроводности. – Москва: Изд-во литературы, 1960. – 478 с.
21. Ярышев Н. А. Теоретические основы измерения нестационарных температур. – Ленинград: Энергия, 1967. – 298 с.

## REFERENCES

1. Banhidi L. *Teplovoj mikroklimat pomeshcheniy: Raschet komfortnykh parametrov po teplooshchushcheniyam cheloveka* [Thermal indoor climate: Calculation of comfort parameters Teploobmennik man] / Trans. with hung. V.M. Belyaev; Under. edited by V.I. Prokhorov and A.L. Naumov. – Moscow: Stroyizdat, 1981. – 248 p. (in Russian).
2. Bogoslovsky V.N. *Stroitel'naya teplofizika (teplofizicheskiye osnovy otopleniya, ventilyatsii i konditsionirovaniya vozdukh): ucheb. dlya vuzov 2-ye izd., perera. i dop.* [Building thermal physics (thermal fundamentals of heating, ventilation and air conditioning): proc. for universities 2nd ed., Perera. and extra]. – Moscow: Vysshaya shkola, 1982. – 415 p. (in Russian).
3. Danilov M.P. *Teplostoychivost' i teplovoj rezhim zdaniy, inzhenernykh kommunikatsiy i promyshlennykh ob'yektov.* [Thermal stability and thermal conditions of buildings, utilities and industrial facilities] / M.P. Danilov, L.N. Grigoriev, A.V. Mereshchuk. – Dnipropetrovsk: RIO PGAAS, 2001. – 122 p.
4. Danilov M.P. *Teplostoychivost' zdaniy v ekosisteme "okruzhayushchaya sreda – zdaniye – chelovek" (avariynno-defitsitnyye teplovyye rezhimy, gelio- i vetrovyye aspekty).* [Thermal stability of buildings in the ecosystem "environment - building - people" (emergency-deficit thermal regimes, helio and wind aspects)] : Uch. Help. / M.P. Danilov, I.L. Vetrovitsky, L.G. Chesanov, I.A. Kolesnik. – Dnepropetrovsk: Polygraphist, 2005. – 262 p.
5. Demin O.B. *Fiziko-tekhnicheskiye osnovy proyektirovaniya zdaniy i sooruzheniy: ucheb. posob.* [Physical and technical bases of designing of buildings and structures: proc. p.] – Tambov: The Compromise. state technical. University press, 2004. – P. 2. – 84 p. (in Russian).
6. Zakharenko, I.M., Goncharenko N.I. *Vozdeystviye okruzhayushchey sredy na konstruksii zdaniy i sooruzheniy* [The impact of environment on design of buildings and structures] / Bulletin KTU. - Krivoy Rog: SIHE "Krivorzhstal national University", 2011. – Vup. 28. – S. 3 – 7. – Access mode: [http://knu.edu.ua/Files/V\\_28\\_2011/18.pdf](http://knu.edu.ua/Files/V_28_2011/18.pdf). (in Russian).
7. Kama F.M. *Impul'snaya teoriya teploprovodnosti* [Pulse theory of thermal conductivity]. – Moscow: Energiya, 1972. – 271 p. (in Russian).
8. Kozlov V.P., Stankevich A.V. *Metody nerazrushayushchego kontrolya pri issledovanii teplofizicheskikh kharakteristik tverdykh materialov* [NDT Methods in the study of thermophysical characteristics of solid materials] // Ing. Fiz. zhurn. – 1984. – T. 47. – №. 2. – P. 250 – 252. (in Russian).
9. Kondrat'ev G.M. *Regulyarnyy teplovoj rezhim* [Regular thermal mode]. – Moscow: Nauka, 1964. – 487 p. (in Russian).
10. Kondrat'ev G.M. *Teplovyye izmereniya* [Thermal measurements]. – Moscow – Leningrad: Mashgiz, 1956. – 253 p. (in Russian).
11. Kononovich YU.V. *Teplovoj rezhim zdaniy massovoy zastroyki.* [Thermal regime of mass building buildings] / Yu.V. Kononovich. – Moscow: Stroyizdat, 1986. – 158 p.
12. Korotkov P.A., London, G.E. *Dinamicheskiye kontaktnyye izmereniya teplovykh velichin* [Dynamic contact measurement of thermal variables]. – Leningrad: Mashinostroenie, 1974. – 222 p. (in Russian).
13. Mishchenko S.V. *Analiz i sintez izmeritel'nykh sistem* [Analysis and synthesis of the measurement systems] / S.V. Mishchenko, Yu.L. Muromtsev, I.E. Tsvetkov, V.N. Chernyshov. – Tambov: The Compromise. state technical. University, 1995. – 238 p. (in Russian).
14. Platonov E.S., etc. *Teplofizicheskiye izmereniya i pribory* [Thermal measurements and instruments]. – Leningrad: Mashinostroenie, 1986. – 256 p. (in Russian).
15. Platonov E.S. *Teplofizicheskiye izmereniya v monotonnom rezhime* [Thermophysical measurements in the monotone mode]. – Leningrad: Energiya, 1973. – 143 p. (in Russian).
16. Tabunshchikov YU.A. *Teplovaya zashchita ograzhdayushchikh konstruksiy zdaniy i sooruzheniy.* [Thermal protection of enclosing structures of buildings and structures] / Yu.A. Tabunshchikov, D.Yu. Khromets, Yu.A. Matrosov. – Moscow: Stroyizdat, 1986. – 379 p.
17. Fokin K.F. *Stroitel'naya teplotekhnika ograzhdayushchikh chastey zdaniy* [Building heating equipment protecting parts of buildings] / edited by J.A. Tabunshchikova, V.G. Gagarin, 5th ed., revision. – Moscow: AVOK-PRESS, 2006. – 256 p. (in Russian).
18. Shashkov A.G. *Metody opredeleniya teploprovodnosti i temperaturoprovodnosti* [Methods for determining thermal conductivity and thermal diffusivity] / A.G. Shashkov, G.M. Volokhov, T.N. Abramenko, V.P. Kozlov. – Leningrad: Energiya, 1973. – 242 p. (in Russian).
19. Shlykov, Y.P., Garin, E.A. *Kontaktnyy teploobmen* [Contact heat exchange]. – Moscow – Leningrad: Energiya, 1963. – 144 p. (in Russian).
20. Schneider P. *Inzhenernyye problemy teploprovodnosti* [Engineering problems of heat conduction]. – Moscow: Publishing house of literature, 1960. – 478 p. (in Russian).
21. Yaryshev N.A. *Teoreticheskiye osnovy izmereniya nestatsionarnykh temperatur* [The theoretical basis for the measurement of transient temperatures]. – Leningrad: Energiya, 1967. – 298 p. (in Russian).

Статья рекомендована до публикации в журнале «Доклады по техн. наук, проф. С.З. Поліщуком (Україна);  
Стаття надійшла в редколегію 30.03.2017