

УДК 628.87:658.3:697.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВНУТРЕННЕГО ВОЗДУХА И ОЦЕНКА ВРЕМЕНИ ОХЛАЖДЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ ПРИ АВАРИЙНОМ ОТКЛЮЧЕНИИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

БЕЛИКОВ А. С.¹, *д. т. н., проф.*,
КОЛЕСНИК И. А.^{2*}, *соискатель*,
ВЕТВИЦКИЙ И. Л.^{3*}, *к. т. н., доц.*

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

^{2*} Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственного высшего учебного заведения «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49005, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 46-98-73, e-mail: inna_vlada@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-5852-2392

^{3*} Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственного высшего учебного заведения «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49005, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 47-16-00, e-mail: igor.vetvitskiy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6575-6253

Аннотация. *Цель.* При оценке условий микроклимата на соответствие ДСН 3.3.6.042-99 «Санитарные нормы микроклимата производственных помещений» одним из требований к параметрам микроклимата является температура внутренней воздуха. Для обеспечения нормативных параметров микроклимата в зданиях и сооружениях в холодный период года работает система отопления. В то же время, как показывает мировой опыт в Украине до настоящего времени не решен вопрос экономии энергоресурсов, что ведет к необоснованному использованию теплоносителей без учета температурного режима в помещениях и потери тепла через ограждающие конструкции. Поэтому возникла необходимость провести исследования изменения температуры внутреннего воздуха помещений при охлаждении вследствие отключения системы отопления, что позволит оценить соответствие микроклимата в помещении санитарным нормам и при необходимости управлять процессом обеспечения и поддержания его параметров. *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.* На основе проведенных исследований полученные значения и зависимости температуры внутренней воздуха положены в основу оценки его охлаждения, которые могут быть использованы для оценки микроклимата помещений при нестационарном режиме эксплуатации. *Научная новизна.* Установлена взаимосвязь динамики температуры внутреннего воздуха помещения на температурный градиент по отношению к температуре внутренней поверхности ограждающих конструкций, что позволяет управлять процессом поддержания параметров микроклимата до достижения критических температур внутреннего воздуха помещений с учетом выполняемых работ по степени тяжести и критических значений температур для эксплуатации инженерных коммуникаций. Впервые проведенные исследования позволили установить время достижения критических температур микроклимата и работы инженерных сетей для различных типов зданий при различных коэффициентах теплоаккумуляции. *Практическая значимость.* Проведенные исследования изменения теплотехнических свойств строительных материалов ограждающих конструкций расчетным и экспериментальными методами показали высокую сходимость (погрешность не превышает 5%), что позволяет применять предложенный экспериментальный метод для экспресс оценки теплотехнических свойств строительных материалов ограждающих конструкций.

Ключевые слова: микроклимат, строительные материалы, ограждающие конструкции, теплотехнические характеристики

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ ВНУТРІШНЬОГО ПОВІТРЯ ТА ОЦІНКА ЧАСУ ОХОЛОДЖЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ ПРИ АВАРІЙНОМУ ВІДКЛЮЧЕННІ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

БЕЛІКОВ А. С.¹, *д. т. н., проф.*,
КОЛЕСНИК І. О.^{2*}, *здобувач*,
ВЕТВИЦЬКИЙ І. Л.^{3*}, *к. т. н., доц.*

¹ 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

^{2*} 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: inna_vlada@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-5852-2392

^{3*} 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: igor.vetvitskiy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6575-6253

Анотація. Мета. При оцінці умов мікроклімату на відповідність ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» однією з вимог до параметрів мікроклімату є температура внутрішньої повітря. Для забезпечення нормативних параметрів мікроклімату в будівлях і спорудах в холодний період року працює система опалення. У той же час, як показує світовий досвід в Україні до теперішнього часу не вирішено питання економії енергоресурсів, що веде до необґрунтованого використання теплоносіїв без урахування температурного режиму в приміщеннях і втрати тепла через огорожувальні конструкції. Тому виникла необхідність провести дослідження зміни температури внутрішнього повітря приміщень при охолодженні внаслідок відключення системи опалення, що дозволить оцінити відповідність мікроклімату в приміщенні санітарним нормам і при необхідності управляти процесом забезпечення і підтримки його параметрів. **Методика.** Теоретичні та експериментальні дослідження проводилися на основі фундаментальних знань в області теплових процесів і методик вирішення задач теплообміну, моделювання динамічних процесів, методу та аналізу випадкових процесів, методів математичної статистики і прогнозу. **Результати.** На основі проведених досліджень отримані значення і залежності температури внутрішньої повітря покладені в основу оцінки його охолодження, які можуть бути використані для оцінки мікроклімату приміщень при нестационарному режимі експлуатації. **Наукова новизна.** Встановлено взаємозв'язок динаміки температури внутрішнього повітря приміщення на температурний градієнт по відношенню до температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій, що дозволяє управляти процесом підтримки параметрів мікроклімату до досягнення критичних температур внутрішнього повітря приміщень з урахуванням виконуваних робіт за ступенем тяжкості і критичних значень температур для експлуатації інженерних комунікацій. Вперше проведені дослідження дозволили встановити час досягнення критичних температур мікроклімату та роботи інженерних мереж для різних типів будівель при різних коефіцієнтах теплоаккумуляції. **Практична значимість.** Проведені дослідження зміни теплотехнічних властивостей будівельних матеріалів огорожувальних конструкцій розрахунковим і експериментальним методами показали високу їх збіжність (похибка не перевищує 5%), що дозволяє застосовувати запропонований експериментальний метод для експрес оцінки теплотехнічних властивостей будівельних матеріалів огорожувальних конструкцій.

Ключові слова: мікроклімат; будівельні матеріали; огорожувальні конструкції; теплотехнічні характеристики

STUDY OF CHANGES IN TEMPERATURE AND EVALUATION OF INTERNAL AIR COOLING TIME ROOM WITH EMERGENCY STOP HEATING SYSTEM

BELIKOV A.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*

KOLESNIK I.^{2*}, *Competitor,*

VETVITSKIY I. ^{3*}, *Ph.D., Associate Professor*

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

^{2*} Department of life safety, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo st., Dnepropetrovsk 49005, Ukraine, tel. +38 (0562) 46-98-73, e-mail: inna_vlada@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-5852-2392

^{3*} 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, tel. +38 (0562) 47-16-00, e-mail: igor.vetvitskiy@mail.ru, ORCID ID: 0000-0001-6575-6253

Abstract. Purpose. In assessing the conditions for compliance with climate SDS 3.3.6.042-99 "Sanitary norms of microclimate of industrial premises," one of the requirements to the parameters of a microclimate temperature of the interior air. To ensure the regulatory parameters of the microclimate in buildings in the cold season running the heating system. At the same time, as international experience shows in Ukraine has not yet resolved the issue of energy savings that lead to unnecessary use of coolants without temperature indoors and the heat loss through the building envelope. Therefore, it became necessary to carry out studies of temperature change of the internal air space while cooling off due to the heating system, which will assess the conformity of indoor climate and health standards, if necessary, manage the process and ensure the maintenance of its parameters. **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.** Based on these studies and the resulting values of temperature of indoor air as a basis for

assessing its cooling, which can be used to estimate the indoor climate in unsteady operation. **Originality.** The relationship of the dynamics of the internal temperature of the ambient air at a temperature gradient with respect to the temperature of the internal surfaces of enclosures that allows you to manage the process of maintaining microclimate parameters to achieve the critical temperature of the internal air space, taking into account work performed by severity and critical temperature for the operation of utilities. For the first time research has made it possible to set the time to reach the critical temperature and the microclimate of engineering networks for different types of buildings for different coefficients teploakkumulyatsii. **Practical value.** Studies changing thermal properties of building materials walling calculation and experimental methods showed a high convergence of their (the error does not exceed 5%), which allows the use of the proposed experimental method for rapid assessment of thermal properties of building materials walling.

Keywords: microclimate; construction materials; walling; thermal performance

Введение

В отапливаемых зданиях и сооружениях для обеспечения заданных условий микроклимата согласно ДСН 3.3.6.042 – 99 «Санитарные нормы микроклимата производственных помещений» в холодный период года необходимо поддерживать нормируемую величину температуры внутреннего воздуха в рабочей зоне производственных помещений.

Цель

Целью данной работы является необходимость провести исследования изменения температуры внутреннего воздуха помещений при охлаждении вследствие отключения системы отопления и времени охлаждения, что позволит оценить соответствие микроклимата в помещении санитарным нормам и при необходимости управлять процессом обеспечения и поддержания его параметров.

Методика

Ожидаемую температуру внутреннего воздуха t_e , которая установится в помещении через время Z после нарушения нормального теплового режима, можно определить, используя зависимость [3, 123]:

$$t_e(z) = t_n + \Delta t_n + [t'_e - (t_n + \Delta t_n)] e^{-z/\beta}, \quad (1)$$

где t_n - температура наружного воздуха;
 Δt_n - температурная надбавка, эквивалентная величине внутренних тепловыделений и избытка теплоты при отоплении Q_o ;
 t'_e - температура внутреннего воздуха к моменту нарушения нормального теплового режима;
 β - коэффициент аккумуляции тепловой энергии зданием.

В соответствии с [3, 10] коэффициент тепловой энергии здания определяется:

$$\beta = 0,278 \frac{C \cdot \rho}{\alpha_n \cdot V}, \quad (2)$$

где C - удельная теплоёмкость;
 ρ - плотность материала ограждения;

α_n - коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности ограждения для зимнего периода;

F - площадь ограждения;

V - объем ограждения.

С учетом проведенных ранее нами исследований были определены коэффициенты аккумуляции тепла для рассматриваемых 6 вариантов зданий. При полном прекращении отопления и отсутствии внутренних тепловыделений, т.е. при $Q_o = 0$, формула 1 принимает вид:

$$t_e(z) = t_n + (t'_e - t_n) e^{-z/\beta}, \quad (3)$$

Как было нами установлено при эксплуатации зданий изменяются теплотехнические свойства строительных материалов, в том числе и плотность материала строительных конструкций, из которого они выполнены. Соответственно, изменяется и коэффициент аккумуляции тепловой энергии, исходя из (2).

Результаты

Исследования проводились для наиболее широко эксплуатируемых типов зданий города Днепропетровска.

1 тип. Жилые дома из керамзитобетона, которые эксплуатируются в течение 10 лет (ж/м Тополь - 3, дом № 4 серии 1-464-Д83; ж/м Победа - 6 ул. Добровольцев, дом №6 серии 90 со следующими теплотехническими характеристиками:

$\rho = 800 \div 1800 \text{ кг/м}^3$; $C = 0,84 \text{ кДж/кг}^\circ\text{C}$;

$\lambda_o = 0,21 \div 0,66 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$; $X = 0,38 \text{ м}$.

2 тип. Жилые дома из керамического пустотелого кирпича (ул. Исполкомовская, 27а) со следующими теплотехническими характеристиками:

$\rho = 1000 \div 1600 \text{ кг/м}^3$; $C = 0,88 \text{ кДж/кг}^\circ\text{C}$;

$\lambda_o = 0,35 \div 0,47 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$; $X = 0,25 \times 2,5 = 0,625 \text{ м}$.

3 тип. Здания из тяжелого бетона (ул. Наб. Победы, 26 «Дом природы») со следующими теплотехническими характеристиками:

$\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; $C = 0,84 \text{ кДж/кг}^\circ\text{C}$;

$\lambda_o = 1,69 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$; $X = 0,3 \text{ м}$.

4 тип. Жилые дома из полнотелого глиняного обыкновенного кирпича на цементно-песчаном растворе (ул. Артема, 23) со следующими теплотехническими характеристиками:

$$\rho = 1800 \text{ кг/м}^3; C = 0,88 \text{ кДж/кг}^\circ\text{C};$$

$$\lambda_o = 0,56 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}; X = 0,25 \times 2,5 = 0,625 \text{ м.}$$

5 тип. Жилые дома из силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе (ул. К. Цеткин, 5 общежитие ПГАСА) со следующими теплотехническими характеристиками:

$$\rho = 1800 \text{ кг/м}^3; C = 0,88 \text{ кДж/кг}^\circ\text{C};$$

$$\lambda_o = 0,7 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}; X = 0,25 \times 2,5 = 0,625 \text{ м.}$$

6 тип. Здания из тяжелого бетона на гравии из природного камня (ул. Наб. Победы, 5 «Дом пионеров») со следующими теплотехническими характеристиками:

$$\rho = 2400 \text{ кг/м}^3; C = 0,84 \text{ кДж/кг}^\circ\text{C};$$

$$\lambda_o = 1,51 \text{ Вт/м}^\circ\text{C}; X = 0,3 \text{ м.}$$

Приведенные начальные теплотехнические характеристики строительных материалов для всех шести типов зданий приняты согласно паспортным данным на применяемые материалы в период строительства. На рис. 1, 2 представлены результаты проведенных нами исследований зависимости изменения температуры внутреннего воздуха и градиента температур ($t_e - \tau_e$) при отключении системы теплоснабжения для I типа зданий при различных коэффициентах аккумуляции тепла β , ч.

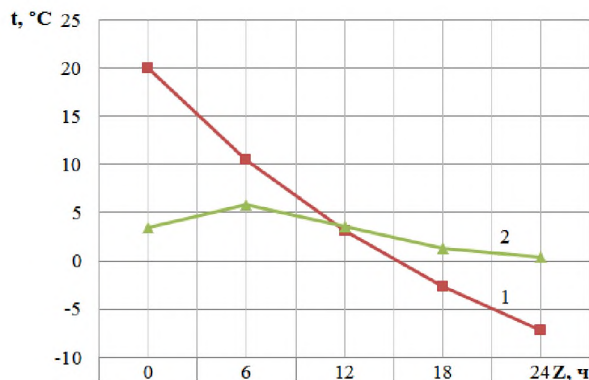


Рис. 1. Изменение температуры внутреннего воздуха помещения и градиента температур ($t_e - \tau_e$) при охлаждении из стационарного состояния для I типа здания при вводе в эксплуатацию ($\rho_g = 800 \text{ кг/м}^3$)

На основе проведенных исследований установлено, что динамика охлаждения внутреннего воздуха и градиент температур на поверхности ограждающей конструкции и воздуха помещения имеют идентичный характер. В тоже время, исследования показали, что в процессе охлаждения помещения имеет место не выполнение требований ДБН В.2.6-31:2006 «Тепловая изоляция зданий» в части п.2.6 «Допустимая по санитарно-гигиеническим требованиям разница между температурой внутреннего воздуха и приведенной температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции» для жилых и гражданских зданий. Для промышленных зданий и сооружений градиент температур находится в норме. Исследованиями установлено, что через 4,5 часа для I типа зданий температура

внутреннего воздуха достигает допустимого нижнего предела для категории работ средней и тяжелой тяжести 13 °C, а через 7,5 часов достигает значения критической температуры для эксплуатации инженерных коммуникаций 8 °C [3, 6].

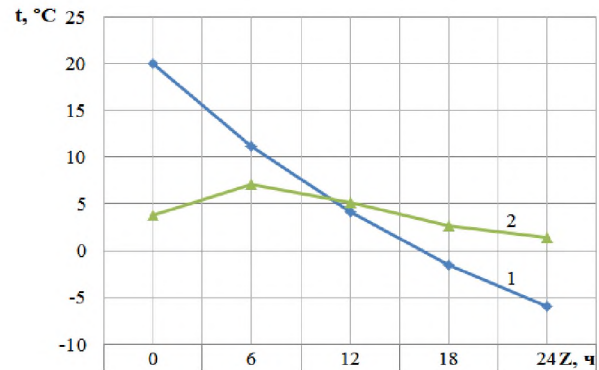


Рис. 2. Изменение температуры внутреннего воздуха помещения и градиента температур ($t_e - \tau_e$) при охлаждении из стационарного состояния для I типа здания при длительной эксплуатации ($\rho_g = 864 \text{ кг/м}^3$)

Согласно проведенных ранее исследований [3, 6, 12] при колебании температуры внутреннего воздуха помещений и температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций $t_e - \tau_e \leq 1,5 \div 2 \text{ }^\circ\text{C}$ вызывает дискомфортные теплоощущения человека. Это объясняется закономерностями физиологического колебания температуры тела, которое для здорового человека не превышает $0,3 \div 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

В дальнейшем после преобразования зависимости 3 нами была получена зависимость, которая является более универсальной:

$$Z = \ln \frac{t'_e - t_n}{t_e - t_n} \beta \quad (4)$$

Применение полученной нами зависимости даёт возможность при анализе аварийных ситуаций, устанавливать закономерности, которые позволяют прогнозировать время охлаждения помещений до критических значений температуры внутреннего воздуха с учетом категории выполняемых работ по тяжести и до критической температуры работы инженерных коммуникаций [3, 6, 10, 12], а также достижения критической температуры воды в инженерных коммуникациях с увеличением вязкости при 4°С, а в дальнейшем – закритическое значение 0°С и ниже практически для любого типа зданий по известным значениям коэффициентов аккумуляции тепла β при температуре наружного воздуха – холодной пятидневки (рис. 3).

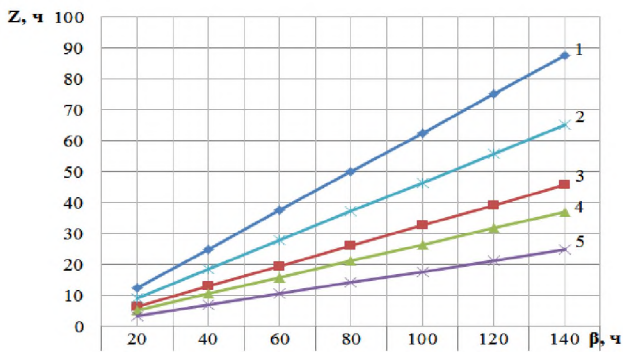


Рис. 3. Зависимости времени охлаждения

внутреннего воздуха помещения до $t_c = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1),
 $t_c = 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (2), $t_c = 8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (3), $t_c = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (4), $t_c = 13\text{ }^{\circ}\text{C}$
 (5) при отключении системы теплоснабжения для
 температуры холодной пятидневки
 г. Днепропетровска

Проведенные нами исследования позволили получить зависимости времени остывания помещения Z до критических значений температуры внутреннего воздуха при использовании различных строительных материалов ограждающих конструкций от изменения коэффициента теплоаккумуляции β при температуре холодной пятидневки для г. Днепропетровска.

На основе проведенных исследований можно сделать вывод, что понижение температуры внутреннего воздуха помещения зависит от его теплоаккумулирующей способности. Характер охлаждения помещений при выходе из стационарного режима для исследованных зданий является идентичным и подчиняется логарифмической зависимости. Время достижения нижнего предела допустимой температуры помещения для работ средней и тяжелой тяжести $13\text{ }^{\circ}\text{C}$ наступает при $\beta = 80$ ч через 14 часов, при $\beta = 55$ ч через 9,5 часов, при $\beta = 26$ ч через 5 часов. Достижение значения критической температуры для эксплуатации инженерных коммуникаций $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ [3, 6] происходит при $\beta = 80$ ч через 26 часов, при $\beta = 55$ ч через 17 часов, при $\beta = 26$ ч через 8 часов. Значения закритической температуры внутреннего воздуха достигается при $\beta = 80$ ч через 50 часов, при $\beta = 55$ ч через 33 часа, при $\beta = 26$ ч через 18 часов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

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.

Banhidi L. Teplovooy mikroklimat pomeshcheniy: Raschet komfortnykh parametrov po teplooshchushcheniyam cheloveka [Thermal indoor climate: Calculation of comfort parameters

Научная новизна и практическая значимость

Установлена взаимосвязь динамики температуры внутреннего воздуха помещения на температурный градиент по отношению к температуре внутренней поверхности ограждающих конструкций, что позволяет управлять процессом поддержания параметров микроклимата до достижения критических температур внутреннего воздуха помещений с учетом выполняемых работ по степени тяжести и критических значений температур для эксплуатации инженерных коммуникаций.

Впервые проведенные исследования позволили установить время достижения критических температур микроклимата и работы инженерных сетей для различных типов зданий при различных коэффициентах теплоаккумуляции при температуре наружного воздуха – холодной пятидневки.

Выводы

1. На основе проведенных исследований установлена закономерность изменения температуры внутреннего воздуха и микроклимата помещений при охлаждении из стационарного режима при отключении системы теплоснабжения для шести типов эксплуатируемых зданий с учетом применяемых ограждающих конструкций.

2. Установлена взаимосвязь динамики температуры внутреннего воздуха помещения на температурный градиент по отношению к температуре внутренней поверхности ограждающих конструкций, что позволяет управлять процессом поддержания параметров микроклимата до достижения критических температур внутреннего воздуха помещений с учетом выполняемых работ по степени тяжести и критических значений температур для эксплуатации инженерных коммуникаций.

3. Проведенные исследования позволили установить время достижения критических температур микроклимата и работы инженерных сетей для различных типов зданий при различных коэффициентах теплоаккумуляции при температурах наружного воздуха – холодной пятидневки и месяцев отопительного периода. Данные зависимости являются универсальными и позволяют управлять процессом обеспечения микроклимата помещений и безопасной эксплуатации инженерных коммуникаций.

Teploobmennik man] / Trans. with hung. V. M. Belyaev; Under. edited by V. I. Prokhorov and A. L. Naumov. – Moscow: Stroyizdat, 1981. – 248 p.

2. Беликов А. С. Охрана труда на предприятиях строительной индустрии / А. С. Беликов, А. П. Кожушко, В. В. Сафонов. – Днепропетровск: ЧП Федоренко А. А., 2010. – 528 с.

Belikov A. Okhrana truda na predpriyatiyakh stroitel'noy industrii [Occupational safety at the enterprises construction industry] / AS Belikov, AP Kozhushko, Vladimir Safonov. - Dnepropetrovsk: PE Fedorenko AA, 2010. - 528 p.

3. 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.
- Bogoslovsky V. N. Building thermal physics (thermal fundamentals of heating, ventilation and air conditioning): proc. for universities 2nd ed., Perera. and extra. – Moscow: Higher school, 1982. – 415 p.
4. Демин О. Б. Физико-технические основы проектирования зданий и сооружений: учеб. пособ. – Тамбов: Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. – Ч. 2. – 84 с.
- Demini 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.
5. Захаренко И. М., Гончаренко Н. И. Воздействие окружающей среды на конструкции зданий и сооружений / Вісник КТУ. – Кривой Рог: ДВНЗ «Криворізький національний університет», 2011. – Вып. 28. – С. 3 – 7. – Режим доступа: http://knu.edu.ua/Files/V_28_2011/18.pdf.
- Zakharenko, I. M., Goncharenko N. I. Vozdeystviye okruzhayushchey sredy na konstruktсии 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.
6. Камья Ф. М. Импульсная теория теплопроводности. – Москва: Энергия, 1972. – 271 с.
- Kama F. M. Pulse theory of thermal conductivity. – Moscow: Energiya, 1972. – 271 p.
7. Козлов В. П., Станкевич А. В. Методы неразрушающего контроля при исследовании теплофизических характеристик твердых материалов // Инж. физ. журн. – 1984. – Т. 47. – № 2. – С. 250 – 252.
- Kozlov V. P., Stankevich A. V. NDT Methods in the study of thermophysical characteristics of solid materials // Ing. Fiz. zhurn. – 1984. – T. 47. – № 2. – P. 250 – 252.
8. Кондратьев Г. М. Регулярный тепловой режим. – Москва: Наука, 1964. – 487 с.
- Kondrat'ev G. M. Regular thermal mode. – Moscow: Nauka, 1964. – 487 p.
9. Кондратьев Г. М. Тепловые измерения. – Москва – Ленинград: Mashgiz, 1956. – 253 с.
- Kondrat'ev G. M. Thermal measurements. – Moscow – Leningrad: Mashgiz, 1956. – 253 p.
10. Коротков П. А., Лондон Г. Е. Динамические контактные измерения тепловых величин. – Ленинград: Машиностроение, 1974. – 222 с.
- Korotkov P. A., London, G. E. Dynamic contact measurement of thermal variables. – Leningrad: Mashinostroenie, 1974. – 222 p.
11. Мищенко С. В. Анализ и синтез измерительных систем / С. В. Мищенко, Ю. Л. Муромцев, Э. И. Цветков, В. Н. Чернышов. – Тамбов: Тамб. гос. техн. ун-т, 1995. – 238 с.
- Mishchenko S. V. 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.
12. Основы охорони праці : підручник / В. Ц. Жидецкий, В. С. Джигирей, О. В. Мельников. – Вид. 5-е доп. – Львів : Афіша, 2002. – 350 с.
- Osnovi okhoroni pratsi : pidruchnik [Basics of receptionists pratsi: pidruchnik] / V. Ts Zhidetsky VS Dzhigirey, OV Melnikov. - View. 5th extra. - Lviv: Afisha, 2002. - 350 p.
13. Платунов Е. С. и др. Теплофизические измерения и приборы. – Ленинград: Машиностроение, 1986. – 256 с.
- Platonov E. S., etc. Thermal measurements and instruments. – Leningrad: Mashinostroenie, 1986. – 256 p.
14. Платунов Е. С. Теплофизические измерения в монотонном режиме. – Ленинград: Энергия, 1973. – 143 с.
- Platonov E. S. Thermophysical measurements in the monotone mode. – Leningrad: Energiya, 1973. – 143 p.
15. Табунщиков Ю. А. Строительные концепции зданий XXI века в области теплоснабжения и климатизации / Ю. А. Табунщиков // АВОК. – 2005. – № 4. – С. 4-7.
- Tabunshchikov Yu Stroitel'nyye kontseptsii zdaniy KHKHĭ veka v oblasti teplosnabzheniya i klimatizatsii [Building concept XXI century buildings in heating and air-conditioning] / YA Tabunshchikov // AVOK. - 2005. - № 4. - pp 4-7.
16. Фэнгер Р. Качество внутреннего воздуха в XXI веке: влияние на комфорт, производительность и здоровье людей / Р. Фэнгер // АВОК. – 2003. – № 4. – С. 12-18.
- Fenger R. Kachestvo vnutrennego vozdukhа v KHKHĭ veka: vliyaniye na komfort, proizvoditel'nost' i zdorovyе lyudey [IAQ in the XXI century: the impact on comfort, performance, and health] / Fenger R. // AVOK. - 2003. - № 4. - pp 12-18.
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.
- Fokin K. F. Building heating equipment protecting parts of buildings / edited by J. A. Tabunshchikova, V. G. Gagarin, 5th ed., revision. – Moscow: AVOK-PRESS, 2006. – 256 p.
18. Шапков А. Г. Методы определения теплопроводности и температуропроводности / А. Г. Шапков, Г. М. Волохов, Т. Н. Абраменко, В. П. Козлов. – Ленинград: Энергия, 1973. – 242 с.
- Shashkov A. G. 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.
19. Шлыков Ю. П., Гарин Е. А. Контактный теплообмен. – Москва – Ленинград: Энергия, 1963. – 144 с.
- Shlykov, Y. P., Garin, E. A. Contact heat exchange. – Moscow – Leningrad: Energiya, 1963. – 144 p.
20. Шнейдер П. Инженерные проблемы теплопроводности. – Москва: Изд-во литературы, 1960. – 478 с.
- Schneider P. Engineering problems of heat conduction. – Moscow: Publishing house of literature, 1960. – 478 p.
21. Ярышев Н. А. Теоретические основы измерения нестационарных температур. – Ленинград: Энергия, 1967. – 298 с.
- Yaryshev N. A. The theoretical basis for the measurement of transient temperatures. – Leningrad: Energiya, 1967. – 298 p.

Статья рекомендована к публикации д-ром техн. наук, проф. С.З. Полищуком (Украина)

Поступила в редколлегию 21.09.2015