

УДК 628.87:658.3:697.1

## ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОКЛИМАТА ПОМЕЩЕНИЙ ПОСЛЕ ОТКЛЮЧЕНИЯ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ЭТАЛОННОГО ПОМЕЩЕНИЯ

КОЛЕСНИК И. А.<sup>1</sup>, к.т.н.

<sup>1</sup> 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: [inna-vlada@i.ua](mailto:inna-vlada@i.ua), ORCID ID: 0000-0002-5852-2392

**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 внутреннего воздуха помещений. Для обеспечения нормативных параметров микроклимата в зданиях и сооружениях в холодный период года служит система теплоснабжения. 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 и время охлаждения вследствие отключения системы теплоснабжения для эталонного помещения, что позволяет 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 внутреннего воздуха и время его охлаждения для эталонного помещения положены в основу оценки охлаждения помещений, которые могут быть использованы для оценки микроклимата помещений при нестационарном режиме эксплуатации. *Научная новизна.* В результате проведенных исследований установлено, что понижение температуры внутреннего воздуха помещения зависит от теплоаккумулирующей способности помещения и ограждающих конструкций, темпа остывания отопительных приборов, бытовых теплопотуплений, удельных теплопотерь. Характер охлаждения помещений при выходе из стационарного режима для исследованных зданий является идентичным и подчиняется логарифмической зависимости. *Практическая значимость.* Проведенные исследования позволили установить время достижения критических температур микроклимата и работы инженерных сетей для различных типов зданий при различных коэффициентах теплоаккумуляции с учетом темпа остывания отопительных приборов, бытовых теплопотуплений, удельных теплопотерь при температурах наружного воздуха – холодной пятидневки и месяцев отопительного периода. Полученные зависимости являются универсальными и позволяют управлять процессом обеспечения микроклимата помещений и безопасной эксплуатации инженерных коммуникаций.

*Ключевые слова:* микроклимат; строительные материалы; ограждающие конструкции; теплотехнические характеристики; эталонное помещение

## ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ ПІСЛЯ ВІДКЛЮЧЕННЯ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ДЛЯ ЕТАЛОННОГО ПРИМІЩЕННЯ

КОЛЕСНИК І. О.<sup>1</sup>, к.т.н.

<sup>1</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: [inna-vlada@i.ua](mailto:inna-vlada@i.ua), ORCID ID: 0000-0002-5852-2392

**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 внутрішнього повітря приміщень. Для забезпечення нормативних параметрів мікроклімату в будівлях і спорудах в холодний період року служить система теплопостачання. У той же час, як показує світовий досвід в Україні до цього часу не вирішено питання економії енергоресурсів, що веде до необґрунтованого використання теплоносіїв без урахування температурного режиму в приміщеннях і втрати тепла через огорождувальні конструкції. Тому виникла необхідність провести дослідження зміни температури внутрішнього повітря приміщень і час охолодження внаслідок відключення системи теплопостачання для еталонного приміщення, що дозволяє оцінити відповідність мікроклімату в приміщенні санітарним нормам і при необхідності керувати процесом забезпечення і підтримки його параметрів. *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.* На основі проведених досліджень отримані значення і залежно температури внутрішнього повітря і час його охолодження для еталонного примі-

шення покладені в основу оцінки охолодження приміщень, які можуть бути використані для оцінки мікроклімату приміщень при нестационарному режимі експлуатації. **Наукова новизна.** В результаті проведених досліджень встановлено, що зниження температури внутрішнього повітря приміщення залежить від теплоакumuлюючої здатності приміщення та огорожувальних конструкцій, темпу охолодження опалювальних приладів, побутових теплопоступлень, питомих тепловтрат. Характер охолодження приміщень при виході зі стаціонарного режиму для досліджених будівель є ідентичним і підпорядковується логарифмічною залежності. **Практична значимість.** Проведені дослідження дозволили встановити час досягнення критичних температур мікроклімату і роботи інженерних мереж для різних типів будівель при різних коефіцієнтах теплоакumuляцією з урахуванням темпу охолодження опалювальних приладів, побутових теплопоступлень, питомих тепловтрат при температурах зовнішнього повітря - холодної п'ятиденки і місяців опалювального періоду. Отримані залежності є універсальними і дозволяють управляти процесом забезпечення мікроклімату приміщень і безпечної експлуатації інженерних комунікацій.

**Ключові слова:** мікроклімат; будівельні матеріали; огорожувальні конструкції; теплотехнічні характеристики; еталонне приміщення

## STUDY OF CLIMATE INDOOR AFTER STOP HEATING SYSTEM FOR THE REFERENCE ROOM

KOLESNIK I.<sup>1</sup>, *Cand. Sci. (Tech.)*,

<sup>1</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, tel. +38 (0562) 47-16-00, e-mail: [inna-vlada@i.ua](mailto:inna-vlada@i.ua), ORCID ID: 0000-0002-5852-2392

**Abstract. Purpose.** In assessing climate conditions for compliance with 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 internal air of premises. To ensure the regulatory parameters of the microclimate in buildings in the cold season is heating system. At the same time, as international experience shows in Ukraine has not yet resolved the question of energy saving, which leads to unnecessary use of coolants without considering temperature indoors and the heat loss through the building envelope. Therefore, it became necessary to carry out investigations of changes in the internal temperature of rooms and cooling time by turning off the heating system for the standard room, which allows to evaluate the conformity of indoor climate control and sanitary standards to ensure and maintain its process parameters if necessary. **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.** In carrying out osnovi doslidzhen otrimani values i fallow temperature vnutrishnogo povityrya i hour yogo oholodzhennya for Etalon primischennya pokladeni based otsinki oholodzhennya primischen, SSMSC shaping can Buti vikoristani for otsinki mikroklimatu primischen at nestatsionarnomu rezhimi ekspluatatsii. **Originality.** The studies found that the reduction of indoor air room temperature depends on the heat storage capacity of the room and enclosing structures, tempo cooling radiators, domestic heat gain, specific heat loss. Character space cooling at the outlet of the steady state for the investigated building is identical and follows a logarithmic dependence. **Practical value.** Studies have established the time to reach the critical temperature and the microclimate of engineering networks for different types of buildings at different rates based on the rate of thermal storage cooling heating appliances, household heat gain, the specific heat at outdoor temperatures - cold five days and months of the heating season. These dependencies are universal and allow you to manage the process to ensure indoor climate and safe operation of utilities.

**Keywords:** microclimate; construction materials; walling; thermal performance; reference room

### Введение

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 внутреннего воздуха помещений. Для обеспечения нормативных параметров микроклимата в зданиях и сооружениях в холодный период года служит система теплообеспечения. 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.

### Цель

Целью данной работы является проведение исследования изменения температуры внутреннего воздуха помещений и время охлаждения вследствие отключения системы теплоснабжения для эталонного помещения, что позволяет оценить соответствие микроклимата в помещении санитарным нормам и при необходимости управлять процессом обеспечения и поддержания его параметров.

### Методика

Понижение температуры внутреннего воздуха помещений зависит от их расположения в здании, согласно

исследованиям [3] будет неодинаковой. Для помещений зданий массовой застройки превышение температуры на  $1,5 \div 2$  °С нами рассматривались как переходные периоды и допустимые, не вызывающие дискомфорта для людей. При проведении исследований нами было сделано допущение – рассматривалось эталонное помещение: это угловое помещение, расположенное на среднем этаже здания, площадью  $F_{пл} = 16$  м<sup>2</sup> и удельными теплопотерями  $Q_{уд} = 40$  Вт/°С. Для данного типа помещений в соответствии с [3] температура внутреннего воздуха в охлаждающемся помещении при отключении системы отопления может быть определена по формуле:

$$t_e = \left[ \left( k_t - \frac{1}{1 - \beta m} \right) e^{-\frac{Z}{\beta} V_{01}} + \left( t_n + \frac{Q_{быт}}{Q_{уд}} \right) \right], \quad (1)$$

где  $V_{01} = t_{e.o.} - t_{н.у.}$ ;

$t_{н.у.}$  - условная температура наружного воздуха, °С;

$t_{e.o.}$  - температура внутреннего воздуха в момент отключения системы отопления, °С;

$t_n$  - температура наружного воздуха, °С;

$$t_{н.у.} = t_n + \frac{Q_{быт}}{Q_{уд}}; t_{e.o.} = t_e (Z = 0ч); Q_{быт} = 21F_{пл};$$

$F_{пл}$  - площадь пола помещения, м<sup>2</sup>;

$Q_{уд}$  - удельные теплопотери, Вт/°С;

$m$  - темп охлаждения нагревательных приборов, ч<sup>-1</sup>;

$\beta$  - коэффициент аккумуляции тепла, ч;

$k_t$  - коэффициент для подсчёта теплоаккумуляции ограждающих конструкций помещения.

После преобразований время охлаждения эталонного помещения до заданной температуры внутреннего воздуха может быть определено по формуле:

$$Z = \beta \left\{ \ln \left[ k_t - \frac{1}{1 - \beta m} \right] + \ln \left( t_{e.o.} - t_n - \frac{Q_{быт}}{Q_{уд}} \right) - \ln (t_e - t_n - 8,4) \right\} \quad (2)$$

На основе проведенных исследований авторами [15], полученные значения температуры внутреннего воздуха помещений при отключении теплоснабжения положены в основу оценки охлаждения внутренней поверхности стен, которые могут быть использованы для оценки микроклимата помещений.

### Результаты

Нами экспериментально было установлено, что во время эксплуатации зданий с течением времени под воздействием переменных климатических условий, увеличивается плотность материала, а с ней такие важные тепло-технические характеристики как коэффициент теплопроводности и коэффициент температуропроводности, влияющие в свою очередь на уменьшение общего термического сопротивления конструкций, что влечет за собой увеличение теплопотерь.

В результате проведенных нами исследований были построены графики (рис. 1 и рис. 2) зависимости температуры внутреннего воздуха  $t_e$  в охлаждающемся помещении с чугунным радиатором М-140 от времени  $Z$  при  $t_n = -23$  °С (холодная пятидневка) и  $t_n = -5,4$  °С (самый холодный месяц – январь). Трём расчётным случаям соответствовали следующие коэффициенты аккумуляции тепла:  $\beta = 26, 55$  и  $80$  ч.

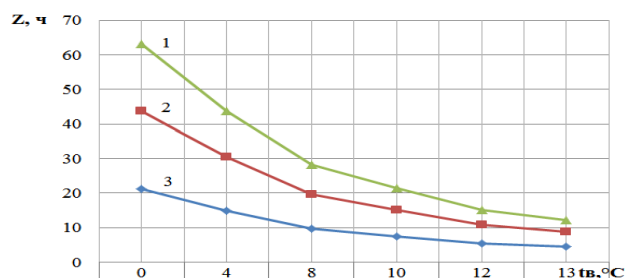


Рис. 1. Графики зависимости времени охлаждения помещений от заданной температуры внутреннего воздуха  $t_e = 20$  °С (при  $\beta = 80$  ч (1);  $\beta = 55$  ч (2);  $\beta = 26$  ч (3);  $m = 1,3$  ч<sup>-1</sup>) для  $t_n = -23$  °С при отключении системы отопления / The graphs of the time of cooling the premises of a given indoor air temperature  $t_e = 20$  °С (at  $\beta = 80$  h (1);  $\beta = 55$  h (2);  $\beta = 26$  h (3);  $m = 1,3$  h<sup>-1</sup>) for  $t_n = -23$  °С when disconnecting heating system

Проведенные нами исследования позволили получить зависимости времени охлаждения помещения  $Z$  от заданной температуры внутреннего воздуха  $t_e$  до критических значений температуры внутреннего воздуха при использовании различных строительных материалов ограждающих конструкций. Исследуемые шесть типов зданий имеют различные коэффициенты теплоаккумуляции, учитывались также коэффициент для подсчёта теплоаккумуляции ограждающих конструкций помещения  $k_t$ , темп охлаждения нагревательных приборов системы отопления  $m$ , бытовые теплопоступления  $Q_{быт}$  и удельные теплопотери  $Q_{уд}$  при температуре холодной пятидневки для г. Днепропетровска.

После обработки полученных нами результатов с помощью пакета программ NUMERI установлено ряд зависимостей.

Зависимость времени охлаждения помещений от заданной температуры внутреннего воздуха  $t_e = 20$  °С при  $\beta = 80$  ч (1);  $m = 1,3$  ч<sup>-1</sup> для температуры наружного воздуха  $t_n = -23$  °С при отключении системы отопления:

$$y_3 = 63,196 - 4,0687x - 0,41864x^2 + 0,0649x^3 - 0,00216x^4 \quad (3)$$

Сумма квадратов отклонений = 3,03110E-0023

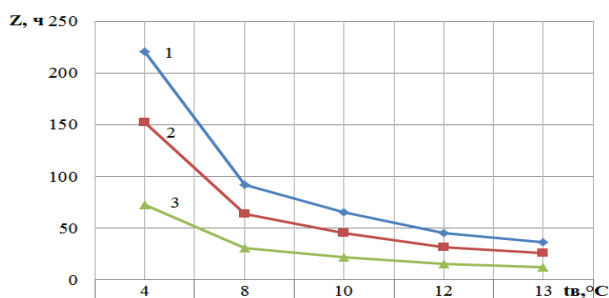


Рис. 2. Графики зависимости времени охлаждения помещений от заданной температуры внутреннего воздуха  $t_g = 20^\circ\text{C}$  (при  $\beta = 80$  ч (1);  $\beta = 55$  ч (2);  $\beta = 26$  ч (3);  $m = 1,3$  ч<sup>-1</sup>) в январе месяце при отключении системы отопления / The graphs of the time of cooling the premises of a given indoor air temperature  $t_g = 20^\circ\text{C}$  (at  $\beta = 80$  h (1);  $\beta = 55$  h (2);  $\beta = 26$  h (3);  $m = 1,3$  h<sup>-1</sup>) in January when disconnecting heating system

Зависимость времени охлаждения помещений от заданной температуры внутреннего воздуха  $t_g = 20^\circ\text{C}$  при  $\beta = 55$  ч (2);  $m = 1,3$  ч<sup>-1</sup> для температуры наружного воздуха  $t_n = -23^\circ\text{C}$  при отключении системы отопления:

$$y_4 = 43,711 - 2,79883x - 0,28712x^2 + 0,046x^3 - 0,0015x^4 \quad (4)$$

Сумма квадратов отклонений = 8,98542E-0024

Зависимость времени охлаждения помещений от заданной температуры внутреннего воздуха  $t_g = 20^\circ\text{C}$  при  $\beta = 26$  ч (3);  $m = 1,3$  ч<sup>-1</sup> для температуры наружного воздуха  $t_n = -23^\circ\text{C}$  при отключении системы отопления:

$$y_5 = 21,113 - 1,32233x - 0,13606x^2 + 0,021101x^3 - 0,000703x^4 \quad (5)$$

Сумма квадратов отклонений = 2,13204E-0024

Коэффициенты квадратичных отклонений составляют 3,03110E-0023; 8,98542E-0024; 2,13204 E-0024, что позволяет сделать вывод, что полученные зависимости хорошо описывают динамику охлаждения воздуха помещений от заданной температуры внутреннего воздуха с различными коэффициентами аккумуляции тепла при отключении системы теплоснабжения до критических и закритических значений.

На основе проведенных нами исследований установлено, что время охлаждения внутреннего воздуха при отключении системы теплоснабжения зависит от коэффициента аккумуляции тепла и от темпа охлаждения нагревательных приборов системы отопления здания. Исследованиями установлено, что температура внутреннего воздуха достигает допустимого нижнего предела для категории работ средней и тяжелой тяжести  $13^\circ\text{C}$  при  $\beta = 80$  ч через 12 часов, при  $\beta = 55$  ч через 8,5 часа, при  $\beta = 26$  ч через 4,5 часа. Достижение значения критической температуры для эксплуатации инженерных коммуникаций  $8^\circ\text{C}$  [ 7] происходит при  $\beta = 80$  ч через 28 часов, при  $\beta = 55$  ч через 19 часов, при  $\beta = 26$  ч через 10 часов. Значения закритической температуры внутреннего воздуха достигается при  $\beta = 80$  ч через 63 часа, при  $\beta = 55$  ч через 44 часа, при  $\beta = 26$  ч через 21 час.

Проведенные нами исследования позволили получить зависимости времени охлаждения помещения  $Z$  от заданной температуры внутреннего воздуха  $t_g$  до критических значений температуры внутреннего воздуха при использовании различных строительных материалов ограждающих конструкций. Исследуемые здания имеют различные коэффициенты теплоаккумуляции  $\beta$ , учитывались также коэффициент для подсчета теплоаккумуляции ограждающих конструкций помещения  $k_t$ , темп охлаждения нагревательных приборов системы отопления  $m$ , бытовые теплопоступления  $Q_{\text{быт}}$  и удельные теплотери  $Q_{\text{уд}}$  при температуре самого холодного месяца – января – для г. Днепропетровска.

После обработки полученных нами результатов с помощью пакета программ NUMERI установлено ряд зависимостей.

Зависимость времени охлаждения помещений от заданной температуры внутреннего воздуха  $t_g = 20^\circ\text{C}$  при  $\beta = 80$  ч (1);  $m = 1,3$  ч<sup>-1</sup> для температуры наружного воздуха  $t_n = -5,4^\circ\text{C}$  при отключении системы отопления:

$$y_6 = 220,826353 - 52,8371339x + 6,1519338x^2 - 2,24746x^3 \quad (6)$$

Сумма квадратов отклонений = 6,59008E-0025

Зависимость времени охлаждения помещений от заданной температуры внутреннего воздуха  $t_g = 20^\circ\text{C}$  при  $\beta = 55$  ч (2);  $m = 1,3$  ч<sup>-1</sup> для температуры наружного воздуха  $t_n = -5,4^\circ\text{C}$  при отключении системы отопления:

$$y_7 = 152,082255 - 36,3255297x + 4,2294545x^2 - 0,1701287x^3 \quad (7)$$

Сумма квадратов отклонений = 4,81193E-0025

Зависимость времени охлаждения помещений от заданной температуры внутреннего воздуха  $t_g = 20^\circ\text{C}$  при  $\beta = 26$  ч (3);  $m = 1,3$  ч<sup>-1</sup> для температуры наружного воздуха  $t_n = -5,4^\circ\text{C}$  при отключении системы отопления:

$$y_8 = 72,3432683 - 17,1720686x + 1,9993785x^2 - 0,0804245x^3 \quad (8)$$

Сумма квадратов отклонений = 5,58766E-0026

Коэффициенты квадратичных отклонений составляют 6,59008E-0025; 4,81193E-0025; 5,58766E-0026, что позволяет сделать вывод, что полученные зависимости хорошо описывают динамику охлаждения воздуха помещений от заданной температуры внутреннего воздуха с различными коэффициентами аккумуляции тепла при отключении системы теплоснабжения до критических и закритических значений.

На основе проведенных нами исследований установлено, что время охлаждения внутреннего воздуха при отключении системы теплоснабжения зависит от коэффициента аккумуляции тепла и от темпа охлаждения нагревательных приборов системы отопления здания.

В результате проведенных нами исследований были установлены зависимости времени охлаждения внутреннего воздуха помещения  $Z$  до критических значений

температуры внутреннего воздуха с учетом теплоаккумуляции, темпа остывания отопительных приборов, бытовых теплопоступлений, удельных теплопотерь при использовании различных строительных материалов ограждающих конструкций, имеющих различный коэффициент теплоаккумуляции  $\beta$  при температуре холодной пятидневки  $t_n = -23$  °C для г. Днепропетровска (рис. 3).

После обработки полученных нами результатов с помощью пакета программ NUMERI установлено ряд зависимостей.

Зависимость времени охлаждения внутреннего воздуха помещения до  $t_g = 4$  °C (1) при отключении системы теплоснабжения для  $t_n = -23$  °C:

$$y_9 = 0,02231 + 0,5978x - 0,001372x^2 + 0,0000121x^3 - 3,65175E - 0008x^4 \quad (9)$$

Сумма квадратов отклонений = 0,0187767

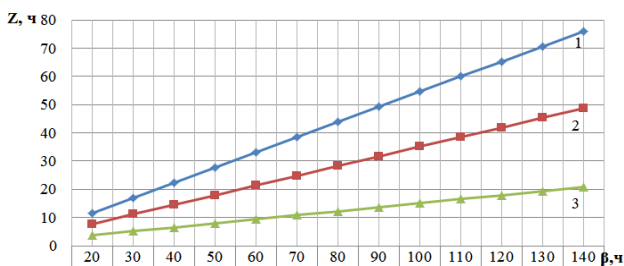


Рис. 3. Зависимости времени охлаждения внутреннего воздуха помещения до  $t_g = 4$  °C (1),  $t_g = 8$  °C (2),  $t_g = 13$  °C (3) с учетом коэффициента теплоаккумуляции, темпа остывания отопительных приборов, бытовых теплопоступлений, удельных теплопотерь при отключении системы теплоснабжения для  $t_n = -23$  °C г. Днепропетровска / Dependencies cooling time of the interior air to  $t_g = 4$  °C (1),  $t_g = 8$  °C (2),  $t_g = 13$  °C (3) taking into account the thermal storage rate, the rate of cooling radiators, domestic heat gain, specific heat loss when disconnecting heating system  $t_n = -23$  °C in Dnipropetrovsk

Зависимость времени охлаждения внутреннего воздуха помещения до  $t_g = 8$  °C (2) при отключении системы теплоснабжения для  $t_n = -23$  °C:

$$y_{10} = 0,0234 + 0,40225x - 0,00135x^2 + 0,000012x^3 - 3,57244E - 0008x^4 \quad (10)$$

Сумма квадратов отклонений = 0,0206688

Зависимость времени охлаждения внутреннего воздуха помещения до  $t_g = 13$  °C (3) при отключении системы теплоснабжения для  $t_n = -23$  °C:

$$y_{11} = 0,0225 + 0,20266x - 0,001356x^2 + 0,00002x^3 - 3,58783E - 0008x^4 \quad (11)$$

Сумма квадратов отклонений = 0,0191732

Коэффициенты квадратичных отклонений составляют 0,0187767; 0,0206688; 0,0191732, что позволяет сде-

лать вывод, что полученные зависимости хорошо описывают динамику охлаждения воздуха помещений при отключении системы теплоснабжения до критических и за критических значений.

### Научная новизна и практическая значимость

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 самого холодного месяца отопительного периода – января. Данные зависимости являются универсальными и позволяют управлять процессом обеспечения микроклимата помещений и безопасной эксплуатации инженерных коммуникаций.

### Выводы

Анализируя проведенные исследования можно сделать вывод, что понижение температуры внутреннего воздуха помещения зависит от теплоаккумулирующей способности помещения и ограждающих конструкций, темпа остывания отопительных приборов, бытовых теплопоступлений, удельных теплопотерь. Характер охлаждения помещений при выходе из стационарного режима для исследованных зданий является идентичным и подчиняется логарифмической зависимости. Время достижения нижнего предела допустимой температуры помещения:

- при температуре холодной пятидневки для работ средней и тяжелой тяжести 13°C наступает при  $\beta = 80$  ч через 12 часов, при  $\beta = 55$  ч через 8,5 часов, при  $\beta = 26$  ч через 4,5 часа. Достижение значения критической температуры для эксплуатации инженерных коммуникаций 8 °C [7] происходит при  $\beta = 80$  ч через 28 часов, при  $\beta = 55$  ч через 20 часов, при  $\beta = 26$  ч через 9,5 часов. Значения за критической температуры внутреннего воздуха достигается при  $\beta = 80$  ч через 44 часа, при  $\beta = 55$  ч через 30 часа, при  $\beta = 26$  ч через 14 часов;

- при температуре самого холодного месяца – января – для категории работ средней и тяжелой тяжести 13°C при  $\beta = 80$  ч через 36 часов, при  $\beta = 55$  ч через 25 часов, при  $\beta = 26$  ч через 12,5 часа. Достижение значения критической температуры для эксплуатации инженерных коммуникаций 8 °C [7] происходит при  $\beta = 80$  ч через 92 часа, при  $\beta = 55$  ч через 63,5 часа, при  $\beta = 26$  ч через 30,5 часов. Значения за критической температуры внутреннего воздуха достигается при  $\beta = 80$  ч через 220 часов, при  $\beta = 55$  ч через 152 часа, при  $\beta = 26$  ч через 72 часа.

### 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. Демин О. Б. Физико-технические основы проектирования зданий и сооружений: учеб. пособ. – Тамбов: Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. – Ч. 2. – 84 с.
4. Захаренко И. М., Гончаренко Н. И. Воздействие окружающей среды на конструкции зданий и сооружений / Вісник КТУ. – Кривой Рог: 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).
5. Камья Ф. М. Импульсная теория теплопроводности. – Москва: Энергия, 1972. – 271 с.
6. 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.
7. Кондратьев Г. М. Регулярный тепловой режим. – Москва: Наука, 1964. – 487 с.
8. Кондратьев Г. М. Тепловые измерения. – Москва – Ленинград: Машгиз, 1956. – 253 с.
9. Коротков П. А., Лондон Г. Е. Динамические контактные измерения тепловых величин. – Ленинград: Машиностроение, 1974. – 222 с.
10. 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.
11. Платунов Е. С. и др. Теплофизические измерения и приборы. – Ленинград: Машиностроение, 1986. – 256 с.
12. Платунов Е. С. Теплофизические измерения в монотонном режиме. – Ленинград: Энергия, 1973. – 143 с.
13. 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.
14. 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.
15. Шлыков Ю. П., Гарин Е. А. Контактный теплообмен. – Москва – Ленинград: Энергия, 1963. – 144 с.
16. Шнейдер П. Инженерные проблемы теплопроводности. – Москва: Изд-во литературы, 1960. – 478 с.
17. Ярышев Н. А. Теоретические основы измерения нестационарных температур. – Ленинград: Энергия, 1967. – 298 с.

## REFERENCES

1. Banhidi L. *Teplovoy mikroklimat pomeshcheniy: Raschet komfortnykh parametrov po teploshchushcheniyam 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. Demin O. B. *Fiziko-tekhnicheskiye osnovy proyektirovaniya zdaniy i sooruzheniy: ucheb. posob.* [Physical and technical bases of design of buildings and structures: proc. p.] – Tambov: The Compromise. state technical. University press, 2004. – P. 2. – 84 p. (in Russian).
4. Zakharenko, I. M. and Goncharenko N. I. *Vozdeystviye okruzhayushchey sredy na konstruktzii 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).
5. Kama F. M. *Impul'snaya teoriya teploprovodnosti* [Pulse theory of thermal conductivity]. – Moscow: Energiya, 1972. – 271 p. (in Russian).
6. Kozlov V. P. and 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).
7. Kondrat'ev G. M. *Regulyarnyy teplovyy rezhim* [Regular thermal mode]. – Moscow: Nauka, 1964. – 487 p. (in Russian).
8. Kondrat'ev G. M. *Teplovyye izmereniya* [Thermal measurements]. – Moscow – Leningrad: Mashgiz, 1956. – 253 p. (in Russian).
9. Korotkov P. A., London, G. E. *Dinamicheskkiye kontaktnyye izmereniya teplovykh velichin* [Dynamic contact measurement of thermal variables]. – Leningrad: Mashinostroenie, 1974. – 222 p. (in Russian).
10. 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).
11. Platonov E. S. etc. *Teplofizicheskiye izmereniya i pribory* [Thermal measurements and instruments]. – Leningrad: Mashinostroenie, 1986. – 256 p. (in Russian).
12. Platonov E. S. *Teplofizicheskiye izmereniya v monotonnom rezhime* [Thermophysical measurements in the monotone mode]. – Leningrad: Energiya, 1973. – 143 p. (in Russian).
13. Fokin K. F. *Stroitel'naya teplotekhnika ograzhdayushchikh chastey zdaniy* [Building heating equipment protecting parts of buildings] / edited by J. A. Tabunshikova, V. G. Gagarin, 5th ed., revision. – Moscow: AVOK-PRESS, 2006. – 256 p. (in Russian).
14. 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).
15. Shlykov, Y. P. and Garin, E. A. *Kontaktnyy teploobmen* [Contact heat exchange]. – Moscow – Leningrad: Energiya, 1963. – 144 p. (in Russian).
16. Schneider P. *Inzhenernyye problemy teploprovodnosti* [Engineering problems of heat conduction]. – Moscow: Publishing house of literature, 1960. – 478 p. (in Russian).
17. 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 к публикации д-ром техн. наук, проф. С.З. Полищуком (Украина);

Статья поступила в редколлегия 14.09.2016