

УДК 628.87

## АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ОПАЛЕННЯМ І КОНДИЦІОНУВАННЯМ БУДІВЕЛЬ

ПЕТРЕНКО А. О.<sup>1\*</sup>, к. т. н., доц.,ПЕТРЕНКО В. О.<sup>2</sup>, к. т. н., доц.,ЦУКАНОВ О. А.<sup>3</sup>, зав. лабораторії.

<sup>1\*</sup> Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (056) 756-34-86, e-mail: PetrenkoAO@ua.fm, ORCID ID: 0000-0002-0406-9852

<sup>2</sup> Кафедра опалення, вентиляції та якості повітряного середовища, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (0562) 47-59-77, e-mail: petrenko@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-4331-6844

<sup>3</sup> Кафедра фізики, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна

**Анотація.** *Постановка проблеми.* Здоров'я і працездатність людини значною мірою визначаються умовами мікроклімату і повітряного середовища в приміщеннях житлових, адміністративно-побутових і громадських будівель. На які, в свою чергу, впливають: і мікроклімат зовнішнього середовища, і геометричні розміри приміщення, і теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій, і розташування приміщень (відносно сторін світу) та багато інших факторів.

В результаті виникає утворення складних систем, управління якими пов'язане з прийняттям рішень в умовах багатофакторності [1].

У гігієнічних цілях треба прагнути до створення в приміщенні оптимальних мікрокліматичних умов, незалежно від зміни факторів, які впливають на мікроклімат в приміщеннях житлових, адміністративно-побутових і громадських будівель.

Розроблення систем забезпечення необхідних параметрів мікроклімату – це досить складне і відповідальне завдання, від якого повністю будуть залежати комфортні і затишні умови для людини. Проблемою сьогодення неухильне зростання енергоспоживання цими системами у зв'язку з подорожчанням непоновлюваних джерел енергії. Наше завдання – змодельовати роботу систем забезпечення необхідних параметрів мікроклімату з урахуванням зміни факторів, які на нього впливають, та мінімізувати використання непоновлюваних джерел енергії. *Аналіз останніх досліджень і публікацій.* Вітчизняними і зарубіжними гігієністами [2, 3, 4] встановлений зв'язок між мікрокліматом в житлі і на робочому місці та станом здоров'я людини. Формування мікроклімату приміщень житлових, адміністративно-побутових і громадських будівель відбувається під впливом великої кількості факторів, що відзначалося вже раніше [5, 6]. Вивчення процесів впливу різних факторів на самопочуття людини має велику складність. Якщо розглядати кожен процес окремо, то і в цьому випадку в даний час вони не піддаються чіткому теоретичному опису.

Для моделювання впливу вищеперерахованих факторів були проведені дослідження, які показали що, з достатньою точністю вдається експериментально дослідити електричне поле в рідкому провідному середовищі як аналог теплового поля [7, 8]. *Виділення раніше не вирішених задач.* Відомі методи моделювання є наближеними і мають недоліки, які призводять до зниження точності і обмежують сферу застосування. Тому одним із шляхів отримання ефективних теплових рішень є моделювання теплових процесів з подальшим аналізом отриманих результатів.

Було запропоновано, теплове поле в приміщенні моделювати електричним полем в електролітичній ванні, а аналогом щільності теплового потоку між будь-якими поверхнями простору приміщення вважати щільність струму між відповідними поверхнями моделі. При цьому чим меншу відстань вибрано між точками вимірювання, тим точніше буде відтворюватися дійсна картина електричного поля в моделі і, отже, теплового поля в приміщенні [7, 8].

Але і цей метод не дає змогу врахувати всі можливі варіанти, які впливають на формування мікроклімату в приміщенні. Робота з моделями, що використовують електричне поле для моделювання променевої передачі тепла, показала значну трудоемкість вводу в модель початкової інформації та зняття результатів моделювання.

**Цілі.** Описати поведінку системи (вплив мікроклімату зовнішнього середовища, і геометричні розміри приміщення, і теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій, і розташування приміщень (відносно сторін світу) та багато інших факторів на мікроклімат всередині приміщень будівель), побудувати теорії та гіпотези, які можуть пояснити поведінку, що буде спостерігатись, використати ці теорії для передбачення майбутньої поведінки системи, тобто тих факторів, які можуть бути викликані зміною в системі або зміни способів її функціонування. **Висновки:** У статті запропоновано підхід до вирішення порушених питань, який дозволить виявити точки взаємодій між різними елементами та факторами, що впливають на мікроклімат у приміщеннях будівель різного призначення. В подальшому використати метод імітаційного моделювання для дослідження зміни параметрів мікроклімату в приміщеннях будівель різного призначення при зміні факторів які впливають на нього. Це дозволить створити систему автоматичного управління

технологічними процесами опалення та кондиціонування приміщень, яка буде підлаштовуватись під зміну факторів які впливають на мікроклімат в приміщеннях будівель різного призначення.

**Ключові слова:** імітаційне моделювання; мікроклімат; опалення; кондиціонування; параметри мікроклімату; людина; самопочуття

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОТОПЛЕНИЕМ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕМ ЗДАНИЙ

ПЕТРЕНКО А. О.<sup>1\*</sup>, к. т. н., доц.,

ПЕТРЕНКО В. О.<sup>2</sup>, к. т. н., доц.,

ЦУКАНОВ А. А.<sup>3</sup>, зав. лабораторией.

<sup>1\*</sup> Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (056) 756-34-86, e-mail: PetrenkoAO@ua.fm, ORCID ID: 0000-0002-0406-9852

<sup>2</sup> Кафедра отопления, вентиляции и качества воздушной среды, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина, тел. +38 (0562) 47-59-77, e-mail: petrenko@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-4331-6844

<sup>3</sup> Кафедра физики, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепр, Украина

**Аннотация. Постановка проблемы.** Здоровье и работоспособность человека в значительной степени определяются условиями микроклимата и воздушной среды в помещениях жилых, административно-бытовых и общественных зданий. На которые, в свою очередь, влияют: и микроклимат внешней среды, и геометрические размеры помещения, и теплотехнические характеристики ограждающих конструкций, и расположения помещений (относительно сторон света) и много других факторов.

В результате возникает образование сложных систем, управления которыми связано с принятием решений в условиях многофакторности [1].

В гигиенических целях надо стремиться к созданию в помещении оптимальных микроклиматических условий, независимо от изменения факторов, которые влияют на микроклимат в помещениях жилых, административно-бытовых и общественных зданий.

Разработка систем обеспечения необходимых параметров микроклимата – это достаточно сложное и ответственное задание, от которого полностью будут зависеть комфортные и уютные условия для человека. Проблемой нынешнего времени, является неуклонный рост энергопотребления этими системами в связи с подорожанием невозобновляемых источников энергии. Наше задание – смоделировать работу систем обеспечения необходимых параметров микроклимата с учетом изменения факторов, которые на него влияют, и минимизировать использование невозобновляемых источников энергии. **Анализ последних исследований и публикаций.** Отечественными и зарубежными гигиенистами [2, 3, 4] установлена связь между микроклиматом в помещении и на рабочем месте и состоянием здоровья человека. Формирование микроклимата помещений жилых, административно-бытовых и общественных зданий происходит под воздействием большого количества факторов, что отмечалось уже раньше [5, 6]. Изучение процессов влияния разных факторов на самочувствие человека имеет большую сложность. Если рассматривать каждый процесс отдельно, то и в этом случае в настоящее время они не поддаются четкому теоретическому описанию.

Для моделирования влияния вышеперечисленных факторов были проведены исследования, которые показали что, с достаточной точностью удастся экспериментально исследовать электрическое поле в жидкой проводящей среде как аналог теплового поля [7, 8]. **Выделение ранее не решенных задач.** Известные методы моделирования являются приближенными и имеют недостатки, которые приводят к снижению точности и ограничивают область применения. Поэтому одним из путей получения эффективных тепловых решений есть моделирование тепловых процессов с дальнейшим анализом полученных результатов.

Было предложено, тепловое поле в помещении моделировать электрическим полем в электролитической ванне, а аналогом плотности теплового потока между любыми поверхностями пространства помещения считать плотность тока между соответствующими поверхностями модели. При этом чем меньше расстояние выбрано между точками измерения, тем точнее будет воссоздаваться действительная картина электрического поля в модели и, следовательно, теплового поля в помещении [7, 8].

Но и этот метод не дает возможность учесть все возможные варианты, которые влияют на формирование микроклимата в помещении. Работа с моделями, которые используют электрическое поле для моделирования передачи тепла излучением, показала значительную трудоемкость ввода в модель начальной информации и снятия результатов моделирования. **Цели.** Описать поведение системы (влияние микроклимата внешней среды, и геометрические размеры помещения, и теплотехнические характеристики ограждающих конструкций, и расположения помещений (относительно сторон света) и много других факторов на микроклимат внутри помещений зданий), построить теории и гипотезы, которые могут объяснить поведение, которое будет наблюдаться, использовать эти теории для предвидения будущего поведения системы, то есть тех факторов,

которые могут быть вызваны изменением в системе или изменения способов ее функционирования. **Выводы:** В статье предложен подход к решению затронутых вопросов, который позволит обнаружить точки взаимодействий между разными элементами и факторами, которые влияют на микроклимат в помещениях зданий разного назначения. В дальнейшем использовать метод имитационного моделирования для исследования изменения параметров микроклимата в помещениях зданий разного назначения при изменении факторов, которые влияют на него. Это позволит создать систему автоматического управления технологическими процессами отопления и кондиционирования помещений, которая будет подстраиваться под изменение факторов, которые влияют на микроклимат в помещениях зданий разного назначения.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование; микроклимат; отопление; кондиционирование; параметры микроклимата; человек; самочувствие

## AUTOMATED SYSTEM OF OPERATIONAL CONTROL HEATING AND AIR CONDITIONING OF BUILDINGS

PETRENKO A.O.<sup>1\*</sup>, *Ph. D, Ass. Prof.*,

PETRENKO V.O.<sup>2</sup>, *Ph. D, Ass. Prof.*,

TSUKANOV A.A.<sup>3</sup>, *head of laboratory*

<sup>1\*</sup> Department of Heating, Ventilation and Air Quality, State Higher Educational Establishment «Prydniprov'ska State Academy of Civil Construction and Architecture», st. Chernyshevskogo 24th, 49600, Dnipro, Ukraine Tel. +38 (056) 756-34-86, e-mail: PetrenkoAO@ua.fm, ORCID ID: 0000-0002-0406-9852

<sup>2</sup> Department of Heating, Ventilation and Air Quality, State Higher Educational Institution «Prydniprov'ska State Academy of Construction and Architecture», st. Chernyshevskogo 24th, 49600, Dnipro, Ukraine Tel. +38 (0562) 47-59-77, e-mail: petrenko@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-4331-6844

<sup>3</sup> Department of Physics, State Higher Educational Institution «Prydniprov'ska State Academy of Construction and Architecture», st. Chernyshevskogo 24th, 49600, Dnipro, Ukraine

**Summary. Statement of the problem.** Health and human performance largely determined by the conditions of climate and air quality in residential, administrative and residential and public buildings. At that, in turn, is influenced by the external environment and the climate, and the geometric dimensions of the room, and thermal performance building envelopes, and the location of the premises (Orientation), and many other factors.

The result is the formation of complex systems, which control decision-making in conditions of multifactor [1].

In hygienic purposes it is necessary to strive to create the best indoor microclimate conditions, regardless of changes in the factors that affect the climate in residential, administrative and residential and public buildings.

Develop systems to ensure the necessary microclimate parameters – it is a complex and important task, which will depend entirely comfortable and cozy environment for the person. The problem of the present time, there is a steady increase in the energy consumption of these systems, due to the rise in price of non-renewable energy sources, and our job is, to simulate the work of software systems necessary microclimate for the changes in the factors that affect it and to minimize the use of non-renewable energy sources. **Analysis of recent research and publications.** Domestic and foreign hygienists [2, 3, 4] to establish a connection between the climate in the room and in the workplace and the state of human health. Formation of the indoor climate of residential, administrative and residential and public buildings is influenced by many factors that have already noted earlier [5, 6]. Study of the processes of influence of various factors on human health is of great complexity. If we consider each process separately, and in this case they are not currently amenable to theoretical description clearer.

To simulate the effect of these factors studies were conducted, which showed that, with sufficient accuracy manage experimentally investigate the electrical field in the liquid conducting medium as an analog of the thermal field [7, 8]. **Isolation of previously solved problems.** Known methods for modeling are approximate and have drawbacks that reduce the accuracy and limited scope. Therefore, one way to obtain effective thermal solutions is a simulation of thermal processes with further analysis of the results.

It was suggested that the thermal field in the room to simulate electric field in the plating bath, and the analog heat flux between surfaces of any room space assumed current density between the surfaces of the model. The smaller the distance between the selected measurement points, the more accurate will be recreated actual picture patterns in the electric field and hence the thermal field in the room [7, 8].

But this method does not enable to take into account all the possible variations that affect the formation of indoor climate. Working with models that use an electric field to the heat radiation transfer simulations showed a significant labor input in the input model of the initial information and the removal of the simulation results. **Objectives.** Describe the behavior of the system (the influence of the microclimate of the environment and the geometric dimensions of the room, and thermal performance building envelopes, and the location of the premises (Orientation), and many other factors in the indoor climate of buildings), to build theories and hypotheses that could explain the behavior, which It will be observed to use the theory for predicting the future behavior of the system, that is, those factors that can be caused by a change in the system or change the way of its functioning. **Conclusions.** The proposed approach to

addressing the issues raised will reveal the point of interaction between the different elements and factors that affect the indoor climate of buildings for different purposes. In the future, use the simulation method to study changes in microclimate in the buildings of different functions when you change the factors that affect it. This will create a system of automatic control of technological space heating and cooling processes, which will adapt to the changes in the factors that affect the indoor climate of buildings for different purposes.

**Keywords:** *simulation; microclimate; heating; conditioning; microclimate parameters; human; health*

**Постановка проблеми.** Здоров'я і працездатність людини значною мірою визначаються умовами мікроклімату і повітряного середовища в приміщеннях житлових, адміністративно-побутових і громадських будівель, на які, у свою чергу, впливають: мікроклімат зовнішнього середовища, геометричні розміри приміщення, теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій, розташування приміщень (відносно сторін світу) та багато інших факторів.

У результаті виникає утворення складних систем, управління якими пов'язане з прийняттям рішень в умовах багатфакторності [1].

З гігієнічною метою треба прагнути до створення в приміщенні оптимальних мікрокліматичних умов, незалежно від зміни факторів, які впливають на мікроклімат у приміщеннях житлових, адміністративно-побутових і громадських будівель.

Розроблення систем забезпечення необхідних параметрів мікроклімату - досить складне і відповідальне завдання, від якого повністю будуть залежати комфортні і затишні умови для людини. Проблемою сьогодення є неухильне зростання енергоспоживання цими системами у зв'язку з подорожчанням непоновлюваних джерел енергії, і наше завдання - змодельовати роботу систем забезпечення необхідних параметрів мікроклімату з урахуванням зміни факторів, які на нього впливають, та мінімізувати використання непоновлюваних джерел енергії.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вітчизняні і зарубіжні гігієністи [2-4] встановили зв'язок між мікрокліматом у житлі і на робочому місці та станом здоров'я людини. Формування мікроклімату приміщень житлових, адміністративно-побутових і громадських будівель

відбувається за впливу великої кількості факторів, що зазначалося раніше [5; 6]. Вивчення процесів впливу різних факторів на самопочуття людини має велику складність. Якщо розглядати кожен процес окремо, то і наразі вони не піддаються чіткому теоретичному опису.

Для моделювання впливу згаданих факторів були проведені дослідження, які показали, що з достатньою точністю вдається експериментально дослідити електричне поле в рідкому провідному середовищі як аналог теплового поля [7; 8].

**Виділення раніше не вирішених завдань.** Відомі методи моделювання є наближеними і мають недоліки, які спричиняють зниження точності і обмежують сферу застосування. Тому одним із шляхів отримання ефективних теплових рішень стало моделювання теплових процесів із подальшим аналізом отриманих результатів.

Запропоновано теплове поле в приміщенні моделювати електричним полем в електролітичній ванні, а аналогом щільності теплового потоку між будь-якими поверхнями простору приміщення вважати щільність струму між відповідними поверхнями моделі. При цьому чим меншу відстань вибрано між точками вимірювання, тим точніше буде відтворюватися справжня картина електричного поля в моделі і, отже, теплового поля в приміщенні [7; 8].

Але і цей метод не дає змоги врахувати всі можливі варіанти, які впливають на формування мікроклімату в приміщенні. Робота з моделями, що використовують електричне поле для моделювання променевої передачі тепла, показала значну трудомісткість уведення в модель початкової інформації та зняття результатів моделювання.

**Мета статті** - описати поведінку системи (вплив мікроклімату зовнішнього

середовища, геометричні розміри приміщення, теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій, розташування приміщень (відносно сторін світу) та багато інших факторів впливу на мікроклімат усередині приміщень будівель), побудувати теорії та гіпотези, які можуть пояснити поведінку, що буде спостерігатись, застосувати ці теорії для передбачення майбутньої поведінки системи, тобто тих факторів, які можуть бути викликані зміною в системі або зміною способів її функціонування.

**Виклад основного матеріалу.** Для зменшення похибки в моделюванні теплового поля у приміщенні в електролітичній ванні електролітичним методом запропоновано проводити вимірювання такими способами [7; 8]:

- застосовувати для вимірювання компенсаційний метод;
- використовувати вольтметр із потенціальним входом.

За першого способу від стороннього джерела створюється різниця потенціалів, рівна вимірюваній, і струм вольтметра не спотворює модифіковане поле, що фіксується чутливим мікроамперметром, і в цей момент вимірюється величина різниці потенціалів, яка компенсує вимірювану напругу. Картина електричного поля зондом, за малих його розмірів, практично не змінюється і похибки вимірювання дуже малі.

За другого способу використовується вольтметр, що має на вході вимірювальний елемент, керування яким відбувається не струмом, а різницею потенціалів. Вхідний опір такого вольтметра зазвичай дуже великий, а споживаний струм нікчемно малий, тому що його величина в основному визначається опором ізоляції між вхідними клемми і між сполучними провідниками.

У результаті проведених експериментів встановлено, що запропонована аналогова модель дозволяє проводити дослідження променевого теплообміну в чистому вигляді, без урахування впливу конвективного теплообміну і теплопередачі, що дає можливість якісно оцінити процеси

променевого теплообміну тіла людини з внутрішнім середовищем приміщення.

Але в результаті експерименту було виявлено обмеженість даного методу:

- громіздкість об'ємної електричної моделі;
- для проведення експерименту та обробки отриманих результатів витрачається багато часу, що ускладнює отримання результатів у випадку зміни вхідних даних.

Постало питання необхідності отримання результатів у реальному часі, незважаючи на складність та кількість змін вхідних даних.

Розроблення органів управління системами забезпечення мікроклімату приміщень стає все складнішою справою, оскільки організаційна структура таких систем усе більше ускладнюється. Це пояснюється характером взаємодій між різними елементами та факторами, які впливають на мікроклімат у приміщенні. Вона існувала давно, але ми тільки зараз починаємо розуміти її значення. Ми усвідомлюємо, що зміна однієї з характеристик системи може легко викликати зміни або створити необхідність змін в інших частинах системи. У зв'язку з цим отримала розвиток методологія системного аналізу, покликана допомогти інженерам вивчати та осмислювати наслідки таких змін. Із появою електронних обчислювальних машин високої продуктивності і фактично безмежної оперативної пам'яті, одним із найважливіших знарядь аналізу структури складних процесів і систем стало **імітаційне моделювання**.

У монографії [1] автор дав таке його визначення: «Імітаційне моделювання є процес конструювання моделі реальної системи і постановки експериментів на цій моделі з метою або зрозуміти поведінку системи, або оцінити (в рамках обмежень, які накладаються деяким критерієм або сукупністю критеріїв) різні стратегії, що забезпечують функціонування даної системи. Таким чином, процес імітаційного моделювання ми розуміємо як процес, який

включає і конструювання моделі, і аналітичне застосування моделі для вивчення деякої проблеми.

Під моделлю реальної системи розуміється представлення групи об'єктів або ідей в деякій формі, відмінній від її реального втілення. Звідси термін «реальна» використовується в сенсі «тієї, що існує, або здатної прийняти одну з форм існування».

Отже, системи, які перебувають на стадії розроблення або проектування.

Для планування житлових, адміністративно-побутових та інших будинків проєктант використовує досвід суспільства в проєктуванні, будівництві і експлуатації названих будівель, який накопичується в спеціальних програмах для ЕОМ, довідниках та інших літературних джерелах. Кваліфікований проєктант формує і тримає в своїй пам'яті образ будівлі, яку проєктує і доповнює розрахунками, використовуючи спеціальні програми, методичні та нормативні матеріали, які забезпечують необхідні умови в приміщеннях будинку та за будь-яких кліматичних та погодних умов ззовні будинку. Остаточний образ будівлі разом з алгоритмами програм і розрахунками фіксується в проєкті та пояснювальній записці і є первинною імітаційною моделлю, яка буде застосовуватись і доповнюватись у процесі будівництва і далі під час експлуатації будівлі.

Проєктом повинна бути передбачена інформаційна система, яка повинна збирати й обробляти інформацію та порівнювати в реальному часі фактичні параметри з відповідними параметрами процесів, які моделюються, і у випадку виявлення відхилень, більших за допустимі, формувати за допомогою імітаційної моделі рекомендації оператору щодо управління процесами.

Названа імітаційна модель (доповнена регулярно поновлюваними регіональними короткотерміновими прогнозами погоди, програмами самонавчання та спеціальними програмами) і буде первинною (початковою) імітаційною моделлю, яка в

процесі самонавчання під час експлуатації будівлі буде замінюватись і поліпшуватись.

Уся інформація, яка буде видаватись імітаційною моделлю в систему управління, і вся зворотна фактична інформація, що характеризує стан внутрішнього і зовнішнього середовища, після обробки програмами аналізу і самонавчання повинна систематизуватись і накопичуватись постійно, а також подаватись оператору разом із рекомендаціями щодо управління процесами в реальному часі.

Оператор, аналізуючи рекомендації, за необхідності вносить у них корективи і реалізує. Програма самонавчання, аналізуючи корективи оператора, вносить в імітаційну модель відповідні зміни, які її вдосконалюють. Коли практично всі рекомендації без коректив оператора будуть ним реалізовуватись, така імітаційна модель може бути включена до складу автоматизованої системи управління технологічними процесами систем опалення та кондиціонування приміщень будівлі. Крім того, вона може застосовуватись для проєктування подібних будівель.

Наведемо вислів академіка Микити Миколайовича Моїсеєва: «І перше, що виявляється необхідним для реалізації подібних ідей, - це вміння організувати серію варіантних розрахунків: експерту важливо уявити собі характер процесу, який вивчається, ступінь його «жерованості», характер граничних можливостей (множин досяжності), тобто організувати багатократно повторюваний машинний експеримент із моделлю».

Для цієї мети і повинні бути створені моделі, які імітують реальність, імітують процес, який вивчається» [цитуюмо за 9].

Для виконання цих завдань необхідно:

– описати поведінку системи (вплив мікроклімату зовнішнього середовища, геометричні розміри приміщення, тепло-технічні характеристики огорожувальних конструкцій, розташування приміщень (відносно сторін світу) та багато інших факторів, від яких залежить мікроклімат усередині приміщень будівель);

– побудувати теорії та гіпотези, які можуть пояснити поведінку, що буде спостерігатись;

– застосувати ці теорії для передбачення майбутньої поведінки системи, тобто тих факторів, які можуть бути викликані зміною в системі або зміною способів її функціонування та для автоматизації управління системою.

**Висновки.** Запропонований підхід до вирішення порушених питань дозволить виявити точки взаємодій між різними елементами та факторами, які впливають на

мікроклімат у приміщеннях будівель різного призначення. В подальшому застосувати метод імітаційного моделювання для дослідження зміни параметрів мікроклімату в приміщеннях будівель різного призначення за зміни факторів, які впливають на нього. Це дозволить створити систему автоматичного керування технологічними процесами опалення та кондиціонування приміщень, яка буде підлаштовуватись під зміну факторів, що впливають на мікроклімат у приміщеннях будівель різного призначення.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шеннон Р. Ю. Имитационное моделирование систем – искусство и наука : пер. с англ. / Р. Ю. Шеннон ; под ред. Е. К. Масловского. – Москва : Мир, 1978. – 418 с.
2. Губернский Ю. Д. Гигиенические основы кондиционирования микроклимата жилых и общественных зданий / Губернский Ю. Д., Корневская Е. И. – Москва : Медицина, 1978. – 192 с.
3. Банхиди Л. Тепловой микроклимат помещений. Расчет комфортных параметров по теплоощущениям человека / Л. Банхиди ; пер. с венг. В. М. Беляева ; под. ред. В. И. Прохорова, А. Л. Наумова. – Москва : Стройиздат, 1981. – 248 с.
4. Чесанов Л. Г. Состояние микроклимата в помещениях при различных технологиях отопления / Л. Г. Чесанов, В. О. Петренко // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднпр. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепропетровск, 2001. – Вып. 13. – С. 22–25.
5. Стронг Д. Техника физического эксперимента / Д. Стронг ; пер. с англ. под. ред. Б. А. Остроумова. – Ленинград : Лениздат, 1948. – 662 с.
6. Бабов Д. М. Руководство к практическим занятиям по гигиене с техникой санитарно-гигиенических исследований / Бабов Д. М., Надворный Н. И. – Москва : Медицина, 1976. – 288 с.
7. Экспериментальное исследование теплообмена человека с внутренней средой помещения / А. С. Беликов, В. О. Петренко, А. А. Цуканов, А. О. Петренко // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднпр. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепропетровск, 2010. – Вып. 52 : Безопасность жизнедеятельности. – С. 231 - 237.
8. Моделивання та дослідження мікроклімату в приміщенні / А. С. Бєліков, В. О. Петренко, А. О. Петренко, А. М. Кравчук // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури : зб. наук. пр. – Дніпропетровськ, 2010. – № 8. – С. 55–60.
9. Строгалева В. П. Имитационное моделирование / В. П. Строгалева, И. О. Толкачева. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. – 295 с.
10. Моделирование и оптимизация микроклиматических условий и параметров систем жизнеобеспечения помещений / А. С. Беликов, С. З. Полищук, А. О. Петренко, В. О. Петренко, Е. Г. Кушнир, А. С. Полищук. – Днепропетровск : Экономика, 2013. – 176 с.

### REFERENCES

1. Shannon R. Yu. *Imitatsionnoe modelirovanie sistem – iskusstvo i nauka* [Simulation systems - the art and science]. Moskva: Mir, 1978, 418 p. (in Russian)
2. Gubernskij Yu. D. and Korenevskaya E. I. *Gigienicheskie osnovy konditsionirovania mikroklimata zhilykh i obshchestvennykh zdaniy* [Hygienic bases microclimate conditioning of residential and public buildings]. Moskva: Meditsina, 1978, 192 p. (in Russian)
3. Bankhidi L. *Teplovoj mikroklimat pomeshchenij* [Thermal indoor climate]. Moskva: Strojizdat, 1981, 248 p. (in Russian)
4. Chesanov L. G. and Petrenko V. O. *Sostoyanie mikroklimata v pomeshcheniyakh pri razlichnykh tekhnolohiyakh otopleniya* [Status indoor climate at various heating technologies]. *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie* [Construction, Materials Science, Mechanical Engineering]. Pridnepr. gos. akad. str-va i arkhitektury [Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture]. Dnepropetrovsk, 2001, iss. 13, pp. 22-25. (in Russian)
5. Strong D. *Tekhnika fizicheskogo eksperimenta* [Technique of physical experiment]. Leningrad: Lenizdat, 1948, 220 p. (in Russian)

6. Babov D.M. and Nadvornyj N.I. *Rukovodstvo k prakticheskim zanyatiyam po gigiene s tekhnikoj sanitarno-gigienicheskikh issledovanij* [Guide to practical training on hygiene with the technique of sanitary research]. Moskva: Meditsina, 1976, 288 p. (in Russian)
7. Petrenko A.O., Belikov A.S., Petrenko V.O. and Tsukanov A.A. *Eksperimentalnoe issledovanie teploobmena cheloveka s vnutrennej sredoj pomeshcheniya* [Experimental study of human heat exchange with the indoor environment]. *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie* [Construction, Materials Science, Mechanical Engineering]. *Pridnepr. gos. akad. str-va i arkhitektury* [Prydniprovsk'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture]. Dnepropetrovsk, 2010, iss. 52, pp. 231-236. (in Russian)
8. Petrenko A.O., Belikov A.S., Petrenko V.O. and Kravchuk A.N. *Modeliuvannia ta doslidzhennia mikroklimatu v prymishchenni* [Modeling and research indoor climate]. *Visnyk Prydniprovskoi derzhavnoi akademii budivnytsva ta arkhitektury* [Bulletin of Prydniprovsk'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture]. Dnipropetrovsk, 2010, no. 8, pp. 55-59. (in Ukrainian).
9. Strogalev V.P. and Tolkacheva I.O. *Imitatsionnoemodelirovanie* [Simulation modeling]. Moskva: Izd-vo MGTU im. N.E. Baumana, 2008, 295 p. (in Russian)
10. Belikov A.S., Polishchuk S.Z., Petrenko A.O., Petrenko V.O., Kushnir Ye.G. and Polishchuk A.C. *Modelirovanie i optimizatsiya mikroklimaticheskikh uslovij i parametrov sistem zhizneobespecheniya pomeshchenij* [Modelling and optimization of micro-climatic conditions and parameters of the life support systems of buildings]. Dnepropetrovsk: Ekonomika, 2013, 176 p. (in Russian)

*Рецензент: д-р т. н., проф. Поліщук С. З.*

Надійшла до редколегії: 21.06.2016 р.

Прийнята до друку: 01.07.2016 р.