

5. Гершкович В.Ф. Куда исчезли регулируемые элеваторы? //Новости теплоснабжения. -№02(06).- 2001
6. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ, Міністерство регіонального розвитку будівництва та житлово-комунального господарства України. 2013р. 141с.
7. ДБН В. 2.5-39:2008. Теплові мережі. Зовнішні мережі та споруди. Інже-нерне обладнання будівель і споруд. - К.: Мінрегіонбуд України. 2009. – 55с.

УДК 004.021:681.5:697

**Головатенко С.В., Новожилова М.В.**

*Харківський національний університет будівництва та архітектури*

## **МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕПЛОВИМИ РЕЖИМАМИ БУДІВЛІ**

**Вступ.** Енергетична ефективність будівель і споруд – одна з найбільш важливих проблем в Україні. Підвищення енергоефективності передбачає побудову математичної моделі будівлі як єдиної енергетичної системи, що описує різні по фізичній сутності процеси поглинання, перетворення і перенесення теплоти завдяки різниці температур зовнішнього і внутрішнього повітря і сонячної радіації, урахування архітектурно-конструктивних особливостей, характеристик елементів огорожувальних конструкцій та інженерного обладнання об'єкта [1].

Розглядаючи енергетичну ефективність будівлі як її властивість забезпечувати оптимальні мікрокліматичні умови приміщень, задачу підвищення енергоефективності можна поставити як задачу енергозбереження. У такій постановці особливої актуальності набуває оптимізація методів управління інженерними системами будівлі, що забезпечують потреби людини і мікрокліматичні умови її перебування і проживання, включаючи опалення, освітлення, вентиляцію і кондиціонування повітря [2].

У науковій літературі представлено низку публікацій, в яких вивчаються різні аспекти проблеми енергозбереження будівель [1, 3-5]. В роботі [1] математична модель будівлі як єдиної енергетичної системи представлена у вигляді комплексу моделей, що включає: модель зовнішнього

клімату; модель теплопередачі через огорожувальні конструкції будівлі; модель променистого та конвективного теплообміну в приміщеннях будівлі, при цьому тепловий режим будівлі визначальний оптимальні мікрокліматичні умови приміщень являє собою сукупність усіх факторів і процесів, які задають теплову обстановку в його приміщеннях.

Відзначимо роботу [3], в якій у якості показника енергоефективності виступає витрата теплової енергії, а цільовою функцією є сумарна вартість витрачених ресурсів.

Існують наступні шляхи зниження енерговитрат на експлуатацію будівлі із збереженням комфортного мікроклімату: зниження теплопередачі огорожувальних конструкцій будівель [1,4]; зниження енерговитрат системи тепlopостачання; зниження енерговитрат на вентиляцію приміщень, в т.ч. з використанням вискоефективної рекуперації тепла. Прикладом може служити еволюція енергозбереження в країнах Прибалтики, Східної та Центральної Європи. Після 1991 року ці країни прийняли європейську систему стандартизації, для чого був реалізований спеціальний проект під назвою BEEN - Baltic Energy Efficiency Network for the Building Stock.

На західному ринку в будівельних технологіях представлено кілька автоматизованих систем управління (BMS) тепловим режимом будівель, наприклад, BMS

таких фірм, як Siemens, Honeywell, Johnson Controls, TAC, Rockwell Automation, Delta, Distech, Circon [6-7].

Однак аналіз можливості впровадження цих систем на українському ринку вказує на ряд непереборних труднощів.

Отже, мета даної роботи - побудова концептуальної моделі автоматизованої системи управління енергозберігаючими системами. Об'єктом управління є інженерне обладнання будівлі, що включає підсистеми: опалення; вентиляції; освітлення; кондиціонування; доступу сонячної радіації у внутрішні приміщення будівлі.

**Основна частина.** Власне система управління, концептуальна модель якої представлена на рис.1, складається з множини  $M$  елементів і множини  $R$  зв'язків між ними. Дана система є замкнутою, тобто блок управління є її складовою частиною.

Система має зворотний зв'язок, спеціальні елементи системи постійно вимірюють ряд параметрів і з певною періодичністю передають їх блоку управління, який, у свою чергу, здійснює коригування в роботі керованих систем. Принципова схема дії зворотного зв'язку усередині системи представлена на рис.2.

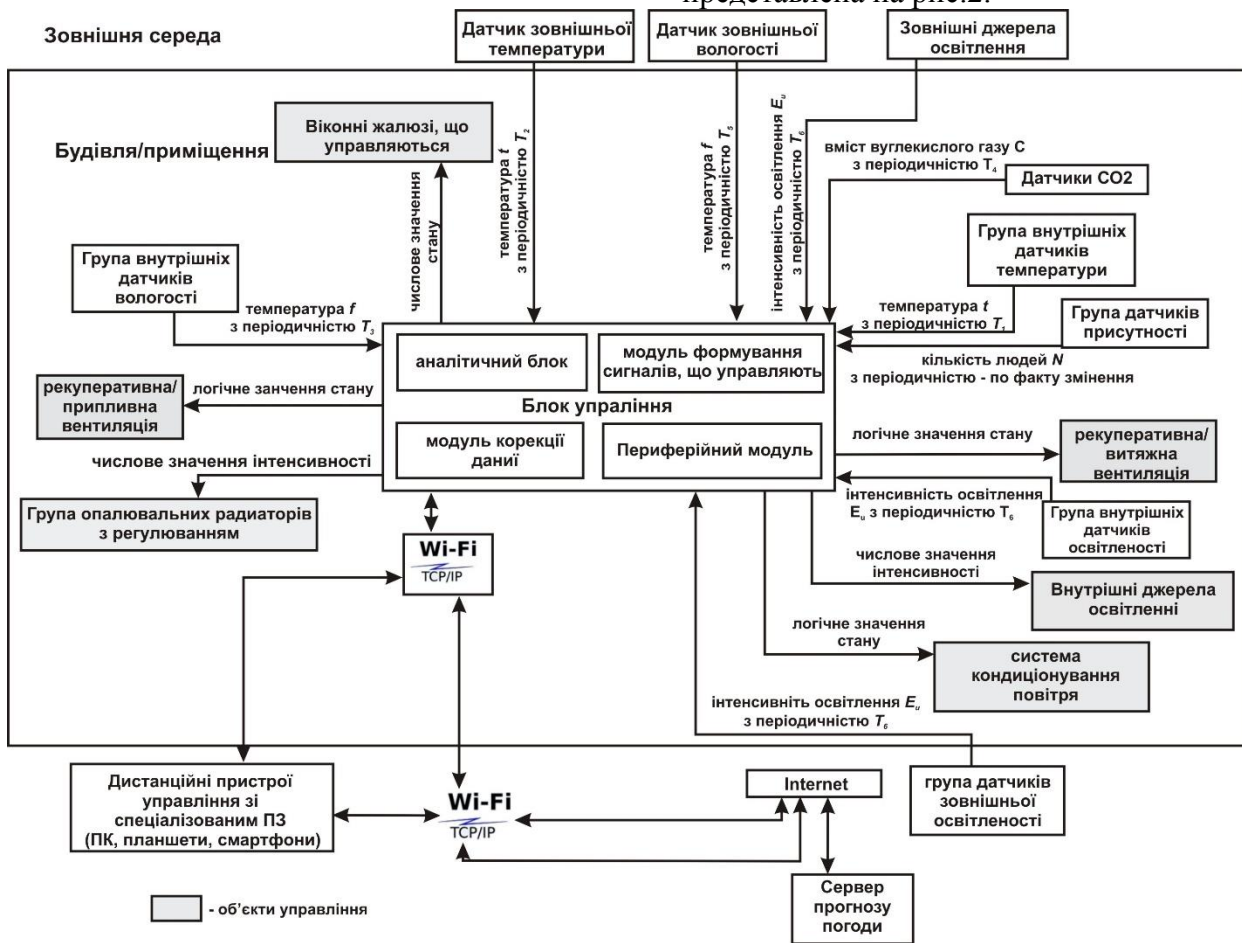


Рис. 1. Модель управління системами енергопостачання будівлі



Рис. 2. Принципова схема дії зворотного зв'язку усередині системи

Надамо характеристику множини  $M$  елементів системи управління, яку можна представити у вигляді декомпозиції керуючої і керованої підсистем. Керуючими підсистемами є програмні модулі блоку управління, такі, як: модуль управління опаленням, модуль управління кондиціонуванням, модуль управління освітленням, модуль управління вентиляцією, модуль управління доступом сонячної радіації. Концептуально блок управління складається з аналітичного блоку, модуля корекції даних, модуля формування сигналів і периферійного блоку. У кластер керованих підсистем включені: система опалення, система кондиціонування, система освітлення, система вентиляції та система доступу сонячної радіації. Імплементация блоку управління – це спеціалізоване ПЗ, що дозволяє аналізувати і коригувати роботу всієї системи створення і підтримки бажаних параметрів теплового режиму та мікроклімату будівлі. Ці характеристики визначають ефективність функціонування системи управління.

Важливим етапом побудови моделі є класифікація взаємозв'язків між підсистемами (елементи множини  $R$ ). Так, система кондиціонування має нелінійний зв'язок з вентиляцією, система освітлення має лінійний позитивний зв'язок з опаленням і лінійний негативний з кондиціонуванням, система вентиляції має лінійний негативний зв'язок з системами опалення та кондиціонування. В свою чергу, система доступу сонячної радіації має лінійний позитивний зв'язок з системою освітлення, лінійний негативний з кондиціонуванням та нелінійний з опаленням.

Система енергозбереження в цілому використовує дві групи параметрів - зовнішнього середовища і внутрішні. Основними параметрами зовнішнього середовища є: температура, вологість, освітленість. Серед параметрів внутрішнього середовища виділимо: освітленість, кількість присутніх людей, температура, вологість, вміст  $CO_2$ .

Керуючі параметри системи - параметри, які надходять від датчиків і після внесення коригувань блоком управління фор-

мують оптимальний стан об'єкта управління. Параметри приймають числові значення або логічні. Числові значення параметрів характерні для систем, що мають безліч станів при своєму функціонуванні (опалення, освітлення, доступ сонячної радіації). Логічні параметри застосовуються для систем, що мають один стан при функціонуванні (кондиціонування і вентиляція).

Принцип роботи системи можна описати таким чином: система вимірює ряд параметрів, за допомогою аналітичного модуля аналізує стан внутрішнього і зовнішнього середовища, вибирає цільовий стан об'єктів управління для досягнення заданих параметрів. При досягненні заданих параметрів, блок управління отримує інформацію про це від датчиків і за допомогою модуля коригування керуючих сигналів змінює параметри об'єктів управління для подальшої підтримки заданих параметрів.

У моделі передбачена можливість віддаленого доступу за допомогою веб-інтерфейсу для ручного коректування параметрів роботи системи, моніторингу та збору статистики. Крім того, у даній системі передбачена можливість зміни стратегії функціонування користувачем. Дана стратегія може бути спрямована на підвищення комфорту, збереження балансу між допустимим комфортом і економією енергоресурсів або мінімізацією витрат енергоресурсів з дотриманням мінімально допустимого рівня комфорту.

**Висновки.** Представлена в роботі інфологічна модель управління інженерними системами будівлі спрямована на збереження енергоресурсів при збереженні певного рівня комфорту. Дана модель є базою створення низки оптимізаційних математичних моделей функціонування логічних елементів системи. Надалі передбачається здійснити реалізацію розробленої концептуальної моделі за допомогою кросплатформного програмного забезпечення [8] для забезпечення доступу з різних пристроїв за протоколом Wi-Fi та TCP / IP або веб-сервера для віддаленого доступу до системи.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. Табунщиков Ю.А. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач // М.: АВОК-ПРЕСС, 2002. – 194 с.
2. Проект Закону про енергетичну ефективність будівель 1566 від 22.12.2014 [Електронний ресурс] – Режим доступа: <http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc34?id=&pf3511=53059&pf35401=320609>
3. Демченко В.В. Методи підвищення енергоефективності будівлі / В.В. Демченко, Х.М. Чуприна, О.В. Невмержицький // Управління розвитком складних систем, 2013. – Вип. 16. – С.138-143.
4. Волощук В. А. Визначення тепловтрат будівель з урахуванням впливу швидкості вітру та проходу сонячної радіації / В. А. Волощук, А. М. Рокочинський // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування, 2002. – Вип. 2(34). Частина 2. – С. 182 – 191.
5. Панферов С.В. Некоторые проблемы энергосбережения и автоматизации в системах теплоснабжения зданий / С.В. Панферов, А.И. Телегин, В.И. Панферов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. – 2010. – Вып. 22 (198). С. 79-86.
6. Siemens Building Management Systems [Електронний ресурс] – Режим доступа: <http://www.buildingtechnologies.siemens.com/bt/global/en/Pages/home.aspx>.
7. Honeywell Building Management Systems [Електронний ресурс] – Режим доступа: <https://buildingsolutions.honeywell.com/en-US/Pages/default.aspx>.
8. Сизова Н.Д. Кроссплатформенное программное обеспечение в технологии строительных материалов / Н.Д. Сизова, И.А. Михеев // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. – 2014. – Вып. 167 – С.20-25.

УДК 666.972: 621.8.035

Кугасвська Т.С., Шульгін В.В.

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

### ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС КОЛЕКТОРА СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

**Вступ.** Застосування сонячної енергії для прискорення твердіння бетонних і залізобетонних виробів дозволяє зменшити їх собівартість. У патенті [1] наведено спосіб теплової обробки цих виробів із використанням повітря, нагрітого в колекторі сонячної енергії. Упровадження у виробництво зазначеного способу потребує низки експериментальних і теоретичних досліджень.

**Огляд останніх джерел досліджень і публікацій.** У статті [2] аналізуються особливості процесу теплової обробки бетонних виробів при їх нагріванні сонячною енергією в опалубочних формах. У цій статті підкреслюється, що вказані форми за своїм конструктивним рішенням і теплофізичними процесами схожі з низькопотенційними сонячними нагрівачами. Різниця полягає лише в тому, що тепло сприймають не пристрої «труба в листі» чи «труба у вигляді змієвика», а бетон, який твердіє. У джерелі [3] розглянуто

особливості прискорення твердіння бетонних виробів із застосуванням геліотермообробки з проміжним теплоносієм. У статті [4] наведено спосіб прискорення твердіння виробів із пінобетону шляхом геліопрогрівання на полігонах. У джерелі [5] показано, зокрема, зміну температури бетонних виробів під час їх геліотермообробки, а також – конструктивні особливості відповідного обладнання. У статті [6] наведено результати лабораторних досліджень теплової обробки зразків із важкого бетону за допомогою нагрітого в колекторі сонячної енергії повітря.

**Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми.** Загальна мета досліджень – створення методу прогнозування інтенсивності твердіння бетонних і залізобетонних виробів при їх тепловій обробці нагрітим в колекторі сонячної енергії повітрям. У відповідних лабораторних дослідженнях (частину яких представлено в джерелі [6]) використовувався колектор сонячної енергії власної