

**Міністерство освіти і науки України**  
Ministry of Education and Science of Ukraine

**Київський національний університет будівництва і архітектури**  
Kiev National University of Construction and Architecture

**ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ В БУДІВНИЦТВІ  
ТА АРХІТЕКТУРІ**

**ENERGY-EFFICIENCY IN CIVIL ENGINEERING  
AND ARCHITECTURE**

Науково-технічний збірник

The Collection of Proceedings

**Випуск № 8**  
Issue No. 8

КИЇВ 2016 KYIV

**Науково-технічний збірник "Енергоефективність в будівництві та архітектурі". Випуск 8. Відповідальний редактор П. М. Куліков. – К.: КНУБА, 2016 р. – 444 с.**

**UKR /** В збірнику розміщено статті, присвячені різним аспектам комплексного впровадження принципів енергозощадження в об'єктах будівництва та архітектури.

Збірник розрахований на працівників науково-дослідних і проектних організацій, викладачів, аспірантів та докторантів.

**RUS /** В сборнике размещены статьи, посвященные различным аспектам комплексного внедрения принципов энергосбережения в объектах строительства и архитектуры.

Сборник рассчитан на работников научно-исследовательских и проектных организаций, преподавателей, аспирантов и докторантов.

**ENG /** Articles is devoted to the investigation of various aspects of the complex implementation of save-energy principles in the civil engineering and architectural objects.

Collection is intended for researchers, designers, high school teachers, post-graduate students etc.

**Редакційна колегія:** Куліков П. М. (відп. редактор), Плоский В. О. (заступник відп. редактора), Кожедуб С. А. (відп. секретар), Баженов В. А., Гламаздин П. М., Довгалюк В. Б., Кашченко Т. О., Корбут В. П., Кравчук А. М., Малкін Е. С., Панько О. М., Підгорний О. Л., Приймак О. В., Седнін В. О., Сергейчук О. В., Слепцов О. С., Собчук Г., Товбич В. В., Шарапов В. И.

**Editorial board:** P. Kulikov. (chief editor), V. Ploskyi (deputy editor), S. Kozhedub (managing editor), V. Bazhenov, P. Glamazdin, V. Dovgaliuk, T. Kashchenko, V. Korbut, A. Kravchuk, E. Malkin, O. Panko, O. Pidgornyi, O. Pryimak, V. Sednin, O. Sergeychuk, V. Sharapov, O. Sleptsov, G. Sobchuk, V. Tovbych.

**Адреса редакції:** 03680, м. Київ, Повітрофлотський проспект, 31, КНУБА, к. 419, телефон редакції: (044)244-96-37.

Рекомендовано до видання вченою радою Київського національного університету будівництва і архітектури, протокол № 42 від 25. 03. 2016 року.

**Наукове фахове видання**  
**ISSN 2310-0516**

© Київський національний університет  
будівництва та архітектури

## ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПАССИВНОГО ДОМА

*Институт технической теплофизики НАН Украины, г. Киев, Украина*

*В статье описаны основные технические решения по повышению энергоэффективности отдельных зданий с автономизацией систем его энергообеспечения. Приведено краткое описание эксплуатационных возможностей комбинированной системы теплоснабжения на основе использования теплонасосных технологий.*

**Постановка проблемы.** Сочетание архитектурных приемов с технологическими особенностями поддержания комфортных санитарно-гигиенических условий в помещениях различного назначения является неотъемлемой составляющей современного энергоэффективного строительства. Современные мировые тенденции в повышении энергетической эффективности систем теплоснабжения в целом направлены на использование природных возобновляемых источников энергии, сбросных вторичных энергоресурсов, децентрализацию поставки теплоты, а также переход на низкотемпературные отопительные системы. Новейшие системы теплообеспечения энергоэффективных зданий во многих случаях являются комбинированными с высокой степенью автоматизации управления процессами поддержания параметров температурно-влажностного режима.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Группой сотрудников Института технической теплофизики НАН Украины (ИТТФ НАН Украины) накоплен значительный опыт проведения научно-исследовательских и инженерно-практических работ по разработке и созданию современных систем энергоснабжения [1 – 8].

**Постановка задачи.** Эксплуатация теплонасосных систем является реальной альтернативой использованию различных органических топлив в качестве источников энергии. Объемный сезонный аккумулятор теплоты (в т.ч. грунтовый) может также являться одним из дополнительных источников теплоты в холодный период года.

**Основная часть.** Оригинальные подходы ряда предыдущих проектов ИТТФ НАН Украины были использованы при разработке комплексных решений по энергообеспечению пассивного дома общей площадью 300 м<sup>2</sup>, как будущего прототипа дома типа «0 энергии» (энергоавтономного) [1].

При проектировании и строительстве пассивного дома ориентация ограждающих конструкций выполнена в строгом соответствии со сторонами

---

\* чл.-кор. НАН Украины

света, использованы соответствующие архитектурные приемы для минимизации тепловых потерь через ограждающие конструкции. Наружные стены выполнены из комбинаций различных строительных материалов (конструктивно стена представляет собой многослойную панель с утеплителем из пенополистирола). Крыша односкатная ориентирована на юг под углом  $33^\circ$  к горизонту. Для повышения термического сопротивления светопрозрачных конструкций, было принято решение выполнить их сдвоенными в каждом из оконных проемов с использованием трехкамерного профиля толщиной 60 мм и двухкамерных стеклопакетов, включающих в себя стекла с низкоэмиссионным покрытием.



Рис. 1. Фотография пассивного дома:

- а – на этапе строительства;  
б – с фасадным утеплением ограждающих конструкций и вспомогательными инженерными системами

Наружные ограждающие конструкции рассматриваемого пассивного дома имеют следующие приведенные коэффициенты теплопередачи: наружные стены – от 0,09 до 0,13 Вт/(м<sup>2</sup>·°C); окна – 0,26 Вт/(м<sup>2</sup>·°C); крыша – 0,21 Вт/(м<sup>2</sup>·°C); пол цокольного этажа – 0,35 Вт/(м<sup>2</sup>·°C).

В объекте реализованы: автономная комбинированная теплоснабжающая система теплообеспечения (мощностью 6 кВт) с использованием возобновляемой теплоты грунта и грунтовых вод, система принудительной приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией теплоты, резервная радиаторно-конвекторная система теплообеспечения здания на основе твердотопливного котла (мощностью 12 кВт) и печи, а также система электрообеспечения оборудования здания (потребляемой мощностью до 3 кВт) с использованием фотовольтаических панелей двух типов (мощностью до 3,2 кВт) и отдельно расположенного ветрогенератора (мощностью до 4 кВт). Предусматривается:

- размещение солнечных тепловых и фотовольтаических коллекторов на крыше дома и прилегающих к ней пилонках;



- расположение теплового насоса, сезонных объемных баков-аккумуляторов теплоты (водяной и парафиносодержащий), твердотопливного котла в цокольном этаже дома;
- водозабор технической воды для хозяйственно-бытовых нужд из скважины глубиной 38,3 м на территории объекта;
- использование систем водяного (в т.ч. капиллярного) отопления типа теплый пол и стена;
- электрокабельная и термопленочная системы напольного и настенного отопления в отдельных помещениях;
- воздушная система отопления и кондиционирования на основе воздуховодных теплообменников (фэнкойлов);
- воздушная тепловая завеса фасада здания и рекуперативная система вентиляции с использованием многоходовых грунтово-воздушных теплообменников.

Гидравлическая схема системы теплоснабжения приведена на рис. 2.

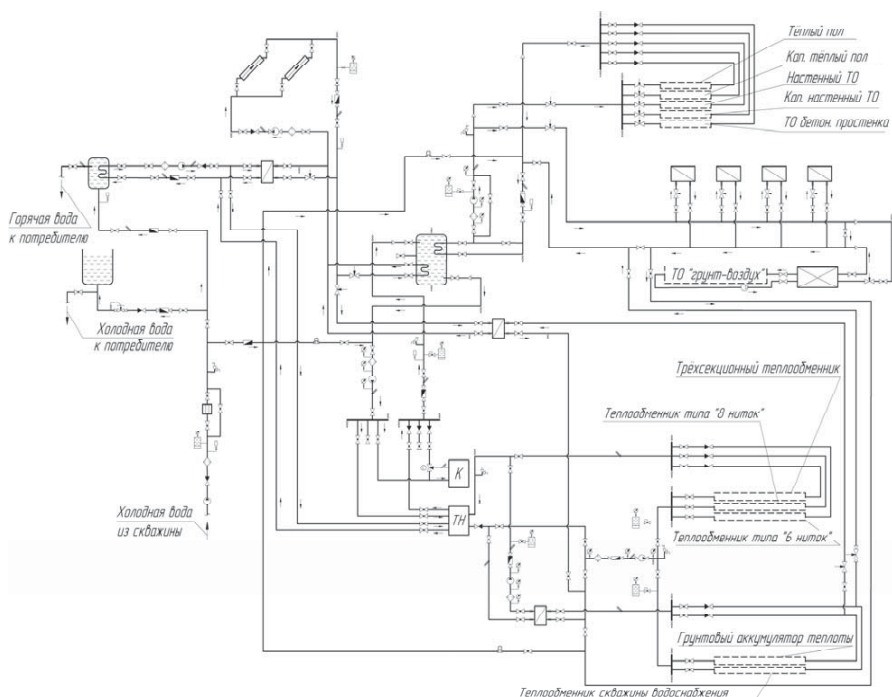


Рис. 2. Принципиальная гидравлическая схема комбинированной системы теплоснабжения пассивного дома

Фотографии фрагментов систем теплообеспечения на основе теплового насоса, котла и печи показаны на рис. 3. Основным принципом ее разработки является многовариантность эксплуатации системы с выбором источника

теплоснабжения и отдельных отопительных приборов и систем для сравнения их энергоэффективности [2 – 7]. При этом возможна эксплуатация системы в различных режимах исходя из тепловых потерь или теплопритоков здания в различные периоды астрономического года.

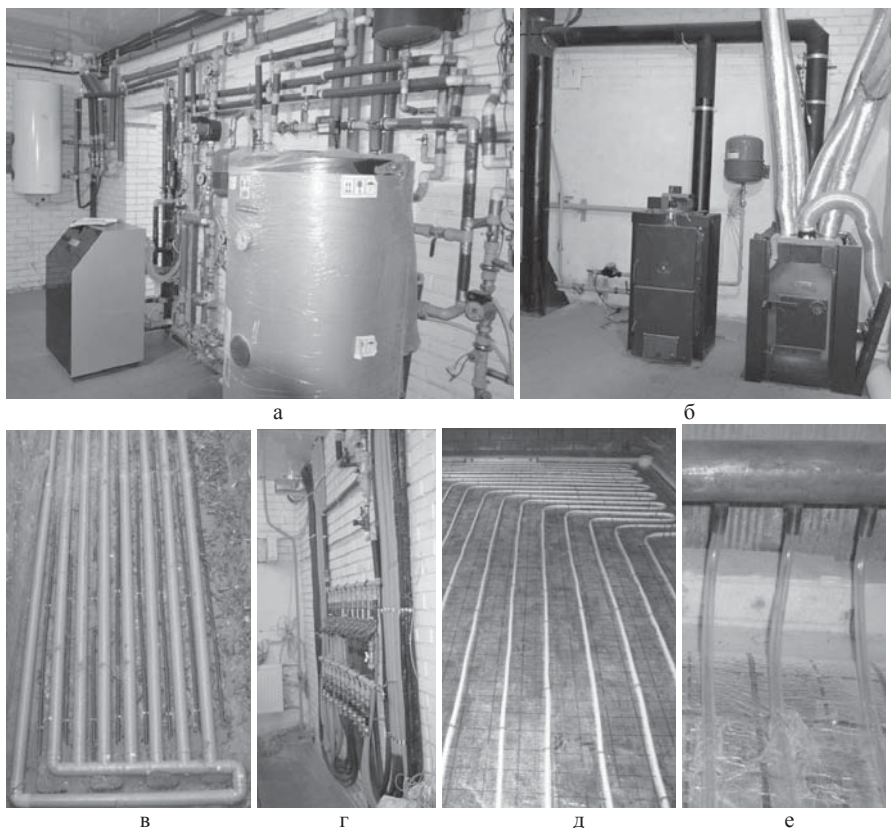


Рис. 3. Фотографии фрагментов систем теплообеспечения на основе теплового насоса, котла и печи: а – гидравлическая система коммутации источников теплоты; б – твердотопливный котел и печь; в – грунтово-воздушный теплообменник и грунтово-жидкостный коллектор; г – гребенка распределения теплоносителя по контурам отопления; д – Г-образные контура водяной системы типа теплый пол; е – фрагмент коллектора и капиллярных труб водяной системы теплый пол

Основным источником теплоты для приготовления воды на нужды горячего водоснабжения являются тепловые солнечные коллекторы, установленные на пилонах дома. Холодная вода из скважины поступает на станцию повышения давления и далее закачивается в баки-накопители холодной и горячей воды. Последний отличается тем, что является бойлером косвенного нагрева с водяной «рубашкой» и встроенным электрическим

нагревателем. Во внутреннюю секцию поступает холодная вода из станции повышения давления. Во внешнюю секцию поступает нагретый в солнечных коллекторах водный раствор этиленгликоля. За счет этого происходит приготовление горячей воды. В случае, когда нет поступления солнечной энергии, и происходит остывание горячей воды, в баке-накопителе автоматически включается электрический нагреватель.

Основным источником теплоты для приготовления воды на нужды горячего водоснабжения являются тепловые солнечные коллекторы, установленные на пилонах дома. Холодная вода из скважины поступает на станцию повышения давления и далее закачивается в баки-накопители холодной и горячей воды. Последний отличается тем, что является бойлером косвенного нагрева с водяной «рубашкой» и встроенным электрическим нагревателем. Во внутреннюю секцию поступает холодная вода из станции повышения давления. Во внешнюю секцию поступает нагретый в солнечных коллекторах водный раствор этиленгликоля. За счет этого происходит приготовление горячей воды. После заполнения обоих баков станция повышения давления автоматически отключается в целях экономии электроэнергии. В случае, когда нет поступления солнечной энергии, и происходит остывание горячей воды, в баке-накопителе автоматически включается электрический нагреватель.

При профиците теплоты, полученной от солнечных коллекторов, нагретый водный раствор пропиленгликоля прокачивается через пластинчатый теплообменник и, подогревая воду, восстанавливает тепловое состояние грунтового аккумулятора теплоты (массива грунта). В переходной и зимний периоды грунтовой аккумулятор теплоты используется в качестве низкопотенциального источника теплоты для теплового насоса.

Особое внимание следует уделить группе теплообменников – источников низкопотенциальной теплоты для теплового насоса. Кроме теплообменника скважины водозабора и грунтового аккумулятора теплоты, тут предусмотрена еще группа теплообменников, расположенных в грунтовом массиве на территории объекта. В эту группу входят: одноходовой теплообменник в виде 6 прогонов трубы наружным диаметром 32 мм, которые образуют 3 петли длиной 15 м, а также 8 ниток трубы наружным диаметром 32 мм, которые образуют 4 петли длиной 20 м. Тут также представлен многоходовой паяный теплообменник, состоящий из 3-х полиэтиленовых секций с наружным диаметром трубы 40 мм.

Для преобразования энергии ветра в электрическую энергию постоянного тока напряжением 48 В для заряда аккумуляторных батарей используется ветрогенератор Fortis Montana со встроенным контроллером заряда свинцово-кислотных аккумуляторных батарей. Основные характеристики ветрогенератора приведены ниже: номинальная мощность – 4 кВт; выходное напряжение – 380/220В три фазы; пороговая стартовая скорость ветра – 2,5 м/с; номинальная скорость ветра – 8 м/с; диаметр ветроколеса – 6,7 м; ориентация по ветру с помощью киля; наветренной положение относительно мачты; высота мачты – 30 м.

Также для обеспечения электроэнергией системы теплообеспечения и используются фотовольтаические панели на основе 22 поликристаллических (номинальной мощностью 240 Вт каждая) и 60 тонкопленочных теллурид кадмиевых фотомодулей (номинальной мощностью 80 Вт каждая). Расчет выработки солнечной станции выполнен в программе PVSyst по метеорологическим данным Meteonorm [8]. Расчетная годовая выработка электроэнергии фотомодулями составляет 11378 кВт·час.

Для предотвращения аварийных режимов заряда аккумуляторных батарей от фотоэлектрических преобразователей и увеличение эффективности использования энергии фотомодулей используются контроллеры заряда. Для обеспечения бесперебойного электроснабжения реализована система с аккумуляторами номинальным напряжением 12 В и емкостью 100 А·час соединенных по схеме 4 последовательно и 7 параллельно. Общая емкость системы аккумуляторов составляет 33,6 кВт·час.

В настоящее время выполняются монтажные и пусконаладочные работы по вводу в эксплуатацию системы энергоснабжения пассивного дома, а также и установка контрольно-измерительного оборудования в отдельных помещениях.

### **Выводы.**

1. Постулируется, что современное энергоэффективное строительство нуждается в разработке и внедрении комбинированных систем теплообеспечения на основе возобновляемых источников энергии.

2. Предложена концепция круглогодичной работы системы климатизации пассивного дома, которая, по мнению авторов, позволяет значительно повысить его энергетическую эффективность в целом.

3. Рассмотренные выше технические решения могут быть востребованы как в социальной сфере жилищно-коммунального хозяйства (при строительстве или термомодернизации существующих объектов), так и в малоэтажной застройке для индивидуального пользователя.

### **Литература**

1. *Долинский А. А.* Концептуальные основы создания экспериментального дома типа «ноль энергии» / *А. А. Долинский, Б. И. Басок, А. Н. Недбайло, Т. Г. Беляева, М. А. Хибина, М. В. Ткаченко, М. П. Новицкая* // Строительные конструкции: Межведомственный научно-технический сборник научных трудов (строительство): ГП «Государственный научно-исследовательский институт строительных конструкций» Министерства регионального развития, строительства и жилищно-коммунального хозяйства Украины. Вып. 77. – К. : ГП НИИСК. 2013. – С. 222–227.

2. *Басок Б. І.* Схемні рішення оснащення енергоефективного будинку системою теплозабезпечення / *Б. І. Басок, О. М. Недбайло, М. В. Ткаченко, І. К. Божко, М. П. Новицька* // Пром. теплотехніка. – 2013. – Т. 35, №1. – С. 42–48.

3. *Божко И. К.* Комбинированная система теплоснабжения высокоэнергоэффективного дома / *И. К. Божко, А. Н. Недбайло, М. В. Ткаченко, И. Г. Засецкий* // Энергоэффективность в строительстве та архітектурі. – 2014. – Випуск 6. – С. 14–22.

4. *Божко И. К.* Поливалентная система теплообеспечения пассивного дома / *И. К. Божко, А. Н. Недбайло, М. В. Ткаченко* // Энергоэффективность в строительстве та архітектурі. – 2015. – Випуск 7. – С. 22–29.

5. *Божко И. К.* Теплофизическая лаборатория для исследования особенностей энергоэффективности зданий / *И. К. Божко, М. Ф. Калинина, С. М. Гончарук, А. Н. Недбайло* // Керамика: наука и жизнь. – №3 (24). – 2014. – С. 74–83.

6. *Басок Б. И.* Полівалентна система теплозабезпечення експериментального будинку пасивного типу (площею 300 м<sup>2</sup>) на основі використання відновлюваних та альтернативних джерел енергії / *Б. И. Басок, И. К. Божко, Т. Г. Беляева, С. М. Гончарук, О. М. Недбайло, М. П. Новіцька, М. В. Ткаченко, М. А. Хибина* // Наука та інновації, 2014. – Т. 10. – №6. – С. 34–51.

7. *Басок Б. И.* Поливалентная система теплообеспечения пассивного дома на основе возобновляемых источников энергии / *Б. И. Басок, И. К. Божко, А. Н. Недбайло, О. Н. Лысенко* // Инженерно-строительный журнал. – №6, 2015. – С. 32–43.

8. *Басок Б. И.* Система электрозабезпечення експериментального будинку типу 0-енергії (площею 300 м<sup>2</sup>) на основі використання відновлюваних і альтернативних джерел енергії / *Б. И. Басок, Т. Г. Беляева, И. К. Божко, О. М. Недбайло, В. Г. Новіков, М. А. Хибина* // Наука та інновації, 2015. – Т. 11. – №6. – С. 29–39.

## **ТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАСИВНОГО БУДИНКУ**

***Басок Б. И., Недбайло А. Н., Божко И. К., Ткаченко М. В.***

У статті описані основні технічні рішення по підвищенню енергоефективності окремих будівель з автономізацією систем його енергозабезпечення. Наведений короткий опис експлуатаційних можливостей комбінованої системи теплопостачання на основі використання теплонасосних технологій.

## **TECHNICAL ASPECTS OF ENERGY PASSIVE HOUSE**

***B. Basok, A. Nedbailo, I. Bozhko, M. Tkachenko***

The article describes the main technical solutions to improve the energy efficiency of individual buildings with the autonomization of its energy systems. A brief description of the operational capabilities of the combined heating system through the use of heat pump.

## ОСОБЛИВОСТІ СПОЖИВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ В БУДІВЛІ ПРИ РІЗНИХ РЕЖИМАХ РОБОТИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ПУНКТУ

*Інститут технічної теплофізики НАН України, Україна*

*В статті представлені дослідження ефективного управління теплоспоживання будівлі при різних режимах роботи індивідуального теплового пункту оригінальної конструкції. Наведені експериментальні залежності характеристик теплоспоживання для декількох енергоефективних режимів.*

**Постановка проблеми.** На сьогодні дуже актуальними залишаються питання енергоефективності та енергозбереження. Одним із напрямком їх вирішення є масштабне впровадження автоматизованих індивідуальних теплових пунктів (ІТП), що дозволять ефективніше споживати теплову енергію будівлею за рахунок вдалого підбору алгоритму регулювання. Тому виникла проблема дослідити особливості теплоспоживання для надання рекомендацій щодо подальшого впровадження ІТП.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** В літературних джерелах авторами розглядається ряд питань стосовно необхідності, актуальності та ефективності впровадження ІТП. Приділяється увага вирішенню питання енергозбереження, що досягається шляхом регулювання теплоспоживання в будівлях за допомогою автоматизації індивідуальних теплових пунктів [1]. Також деякі завдання, наприклад, як керувати режимом опалення будівлі, щоб забезпечувалась нормована температура повітря в приміщеннях в часи знаходження там людей, і щоб при цьому витрата теплової енергії була мінімальна, розглядаються в [2, 3]. Але недостатня кількість науково-технічних даних стосовно експериментального та теоретичного дослідження алгоритмів оптимального управління теплоспоживанням окремої будівлі при примусовому зменшенні теплопостачання в неробочий нічний час та в вихідні або святкові дні призвела до потреби проведення довготривалих експериментальних досліджень теплоспоживання конкретної будівлі на основі ІТП.

**Ціль статті.** Експериментальні дослідження особливостей споживання теплової енергії в будівлі при різних режимах експлуатації ІТП для ефективного регулювання та управління теплозабезпеченням адміністративної будівлі. Дослідження температурного стану приміщення при різних режимах роботи ІТП, визначення їх головних переваг і недоліків та вибір найбільш ефективного.

**Основна частина.** Експериментальні дослідження проводились на розробленій та впровадженій в ІТТФ НАН України експериментальній



установці індивідуального теплового пункту оригінальної конструкції для автоматизованого управління теплоспоживанням корпусу інституту [4].

Особливість конструкції полягає в поєднанні в одному багатоваріантному ІТП залежного типу трьох теплолічильників, триходового (двоходового) клапана, гідравлічної стрілки зі зворотним клапаном, гідравлічної перетинки для вузла змішування, що дозволяє реалізувати різноманітні варіанти побудови гідравлічної схеми ІТП і режими його експлуатації.

В індивідуальному тепловому пункті за допомогою перемикання ручної арматури реалізується шість різних варіантів його роботи, а саме: режим № 1 – температурний режим регулюється за допомогою триходового клапана, який працює в режимі двоходового клапана, насос ввімкнено в подавальний магістралі опалювального контуру, який здійснює подачу теплоносія з гідравлічної стрілки з підмішуванням його із зворотного трубопроводу; режим № 2 – триходовий клапан виконує функцію підмішування в залежності від погодних умов, насос розташований в подавальному трубопроводі; режим № 3 – температурний режим регулюється за допомогою триходового клапана, який працює в режимі двоходового клапана, насос розташований в зворотному трубопроводі і здійснює підмішування зворотного теплоносія за допомогою гідравлічної стрілки; режим № 4 – триходовий клапан виконує функцію підмішування в залежності від погодних умов, насос розташований в зворотному трубопроводі; режим № 5 – регулювання подачі теплоносія з тепломережі здійснюється триходовим клапаном, який працює в режимі двоходового, насос розташований в перемичці і здійснює підмішування теплоносія із зворотного трубопроводу в подавальний; режим № 6 – триходовий клапан працює в режимі двоходового і здійснює подачу зворотного теплоносія в залежності від температурного графіку, підмішування зворотного теплоносія відбувається через перетинку, за допомогою насосу, що знаходиться в подавальному трубопроводі.

Експериментальні дослідження проводились протягом декількох опалювальних періодів при використанні різних режимів роботи ІТП. За допомогою вимірювального комплексу визначалися і фіксувалися в автоматичному режимі, в реальному часі з інтервалом в одну годину (а подекуди і частіше – раз в 10 хвилин) всі основні параметри тепlopостачання.

Регулювання параметрів теплоносія в ІТП здійснювалося за заданим алгоритмом, а саме за температурою зовнішнього повітря та за добово-тижневим (денним та нічним) графіком регулювання. Для нічного графіку задавалася температура позитивного зміщення зовнішнього повітря  $t_{зм}$  в інтервалі від 3° С до 9 °С. На основі отриманих експериментальних даних побудовані графічні залежності параметрів тепlopостачання для режиму № 1 та режиму № 2, які представлено на рисунку 1, 2.

Дата на графіках в червоній рамці по осі абсцис відповідає вихідним дням. В залежності від температури зовнішнього повітря (крива 4 рис. 1–2 а)) відбувається регулювання температури теплоносія, який подається в систему опалення (крива 2 рис. 1–2 а)), за допомогою регулятора температури, шляхом підмішування теплоносія із зворотного трубопроводу (крива 3 рис. 1–2 а)) до

теплоносія, що надходить із зовнішньої тепломережі (крива 1 рис. 1–2 а)). При цьому фіксувалися температури в двох контрольних приміщеннях, а саме на другому поверсі з частковою термо-дернізоцією зовнішньої огорожувальної конструкції (без утеплення, але із заміною старого вікна на однокамерне металопластикове вікно) (крива 5 рис. 1–2 а)) та на третьому поверсі без термодернізації (крива 6 рис. 1–2 а)).

На рис. 1–2 б) показані графічні залежності витрати теплоносія (шкала ліворуч), де крива 1 – витрата теплоносія до ІТП, а крива 2 – після підмішування в ІТП, та теплової енергії (шкала праворуч), де крива 3 – витрати теплової енергії до ІТП, крива 4 – після підмішування в ІТП.

Наведемо деякі пояснення стосовно експлуатації режиму № 2. Як видно з рис. 2 а), температура зовнішнього повітря  $t_{\text{зовн.}}$  коливається від  $-4,5^{\circ}\text{C}$  до  $+10,0^{\circ}\text{C}$ . При мінімальній температурі зовнішнього повітря ( $-4,5^{\circ}\text{C}$ ) температура теплоносія, який поступає з зовнішньої тепломережі, становить  $65,0^{\circ}\text{C}$ , а температура теплоносія після підмішування, який надходить в систему опалення, згідно графіка регулювання становить  $57,0^{\circ}\text{C}$ . При цьому температура теплоносія в зворотному трубопроводі дорівнює  $t_{\text{звор.}} = 40,0^{\circ}\text{C}$ .

Як видно з рис. 2 б), максимальна витрата теплоносія до ІТП дорівнює  $G = 3,1$  т/год., а після підмішування в ІТП витрата становить  $G = 4,5$  т/год., і залишається майже незмінною протягом всього режиму роботи ІТП, тобто спостерігається якісне регулювання. Максимальні витрати теплової енергії становлять  $E = 0,078$  Гкал/год. Слід відмітити, що різниця у витратах теплової енергії з'являється в результаті того, що її значення розраховується двома

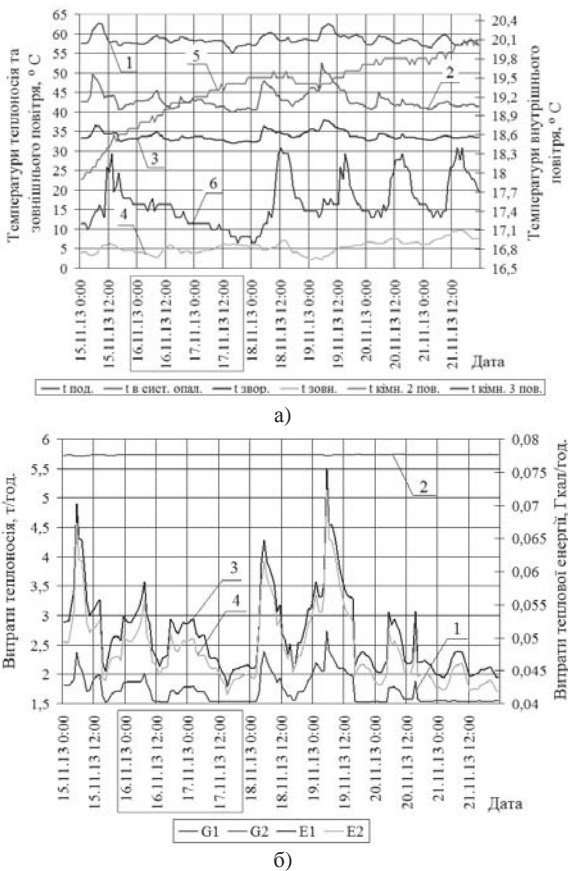


Рис. 1. Режим № 1:

- а) – залежності температур теплоносія та повітря;
- б) – залежності витрат теплоносія та теплової енергії



тепловими лічильниками, один з яких знаходиться в рамці управління системою опалення корпусу № 2, що з'єднується з корпусом № 1 за допомогою коридорного перехийку, в якому і відбуваються втрати теплової енергії.

У вихідні дні відбувається зменшення витрат теплової енергії шляхом пониження температури теплоносія, в результаті запрограмованого алгоритму управління ІТП. Відповідно, це призводить до зниження температури в приміщенні на третьому поверсі від 18,9 °C до 17,2 °C (крива 6 рис. 2 а)), що цілком прийнятно, оскільки в цей час відсутні люди на робочих місцях. Різниця температур в приміщенні на другому і третьому поверхах полягає в тому, що на другому поверсі була проведена заміна старого вікна на сучасне металопластикове вікно. Як результат, в такому приміщенні температура повітря в середньому становить 20,2 °C (крива 5 рис. 2 а)), а приміщення на третьому поверсі значно швидше охолоджується, особливо у нічний час. Різкі стрибки на рис. 1-2 відповідають переходам з денного графіка регулювання на нічний і навпаки.

На основі отриманих експериментальних даних побудовані графічні залежності, на основі яких досліджено особливості теплоспоживання та теплового стану приміщення при різних режимах роботи ІТП.

**Висновки.** Проведені багаторічні експериментальні дослідження ІТП у реальному часі із постійним моніторингом основних параметрів теплопостачання. Відпрацюванні різні режими експлуатації ІТП. Встановлено, що найкращий варіант експлуатації ІТП з використанням триходового клапану,

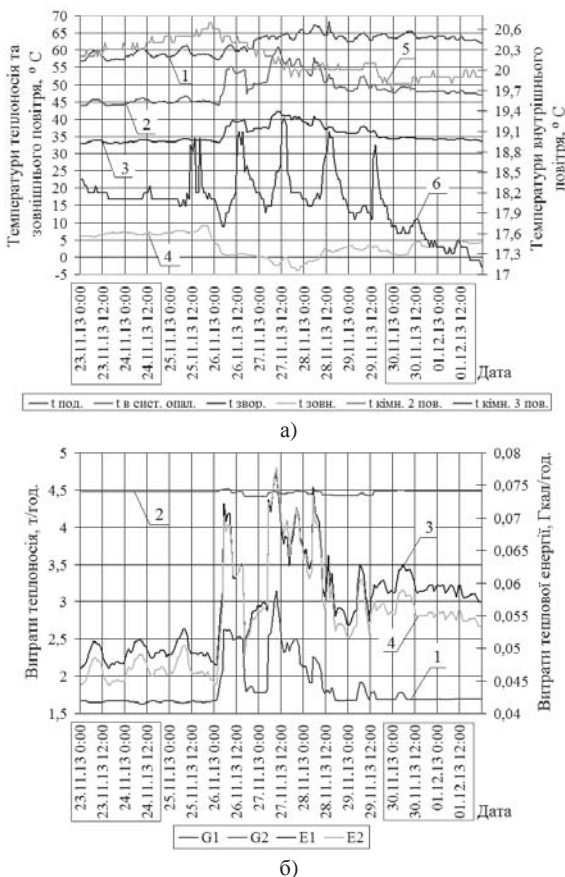


Рис. 2. Режим № 2:

- а) – залежності температур теплоносія та повітря;
- б) – залежності витрат теплоносія та теплової енергії

що виконує функцію підмішування в залежності від погодних умов, циркуляційний насос при цьому розташований в подавальному трубопроводі. Зазначимо, що взагалі за опалувальний період при використанні ІТП в середньому вдається зекономити до 15 % споживання теплової енергії в будівлі.

### **Література**

1. *Королева Т. И.* Опыт регулирования теплоснабжения путем модернизации индивидуального теплового пункта / *Т. И. Королева, В. В. Салмин, Е. Г. Ежов, Н. Ю. Иващенко* // Региональная архитектура и строительство. – 2013. – № 2. – С. 109–114.

2. *Табуничиков Ю. А.* Экспериментальные исследования оптимального управления расходом энергии / *Ю. А. Табуничиков М. М. Бродач* // Academia. Архитектура и строительство. – 2009. – №5. – С. 277–282.

3. *Гершкович В. Ф.* О возможности практической реализации регулирования теплоснабжения зданий методом периодического прерывания потока теплоносителя / *В. Ф. Гершкович* // Новости теплоснабжения. – 2000. – № 02.

4. *Лисенко О. М.* Індивідуальний тепловий пункт з гідравлічною стрілкою / *О. М. Лисенко* . // Промышленная теплотехника. 2011. – Т. 33, № 8 – С. 135–139.

### **ОСОБЕННОСТИ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ В ЗДАНИИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ПУНКТА**

***Басок Б. И., Давыденко Б. В., Лысенко О. Н.***

В статье представлены исследования эффективного управления теплоснабжения здания при различных режимах работы индивидуального теплового пункта оригинальной конструкции. Приведены экспериментальные зависимости характеристик теплоснабжения для нескольких энергоэффективных режимов.

### **FEATURES HEAT CONSUMPTION IN BUILDING AT DIFFERENT MODES OPERATION OF INDIVIDUAL HEAT POINT**

***B. Basok, B. Davydenko, O. Lysenko***

The article presents the research of effective management of heat consumption in building at different modes operation of individual heat point of the original design. The experimental dependences of the characteristics of heat consumption for several energy-efficient modes were presented.

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ЧЕРЕЗ СКЛОПАКЕТИ З ВРАХУВАННЯМ ЗОВНІШНІХ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ. МЕТОДИКА ОПРАЦЮВАННЯ ДАННИХ

*Інститут технічної теплофізики НАН України, Україна*

*В статті приведено результати експериментальних досліджень та методика обробки результатів, яка була розроблена на основі теплофізичного моделювання. Даний алгоритм враховує всі природні фактори: альbedo, час сходу і заходу сонця, швидкість вітру, добову густину енергії, коефіцієнт тепловіддачі, температурний коефіцієнт об'ємного розширення, коефіцієнти теплопровідності і кінематичної в'язкості, коефіцієнт температуропровідності і променевої тепловіддачі, а також всі отримані експериментальні дані в кожній точці вимірювання.*

**Мета роботи.** Експериментальне дослідження тепловтрат через склопакети з врахуванням безперервної дії всієї сукупності кліматичних параметрів. В якості об'єкта обрані двокамерні віконні конструкції, встановлені замість звичайних старих вікон (з терміном експлуатації 43 роки) на північно-орієнтованій стіні адміністративного корпусу ІТТФ НАН України в м. Києві по вул. Булаховського, 26.

**Аналіз основних досліджень.** Відомо, що на віконні конструкції припадає до 40% тепловтрат. Втрати теплоти через віконні конструкції можна розділити на трансмісійні та вентиляційні (інфільтраційні). Вентиляційні втрати можуть значно перевищувати трансмісійні, якщо вікна не достантьо ущільнені. В роботах, де описано дослідження повітропроникності вікон [1 – 2] доведено, що температурне поле на поверхнях скла значно змінюється внаслідок фільтрації повітря, це відбувається і в прошарку між склом. Теплопередачу через віконні конструкції висвітлюють роботи [3 – 5], де встановлено вплив віконного відкосу і конструктивних елементів вікна.

**Характеристики об'єкта дослідження.** Прийняті в будівельній теплотехніці методики розрахунку тепловтрат через зовнішні огорожувальні конструкції базуються на характеристиках, які дуже умовно відображають вплив зміни в часі кліматичних факторів - температури зовнішнього повітря, швидкості вітру, інтенсивності сонячної радіації [6 – 8]. Якщо для стінової частини огорожі неточність розрахунку можна компенсувати зміною товщини огорожі або використанням матеріалів з іншим термічним опором, то стосовно вікон такий підхід виявиться мало продуктивним. Тому важливо оцінити вплив усіх чинників на теплопередачу через віконні елементи огорожі.

Основні розміри двокамерного склопакету представлені на рис. 1а і 1б ( $H_1 = 0,376$  м,  $H_2 = 1,06$  м,  $L_1 = L_2 = 1,02$  м,  $L_3 = L_5 = 0,643$  м,  $L_4 = 0,563$  м). В якості детально досліджуваного об'єкта обрано нижній кутовий склопакет віконної конструкції. На малюнку цифрами та літерами показані точки розташування первинних вимірювальних засобів – температури  $T_i$ , а також густини теплового потоку  $q_i$  – на внутрішній (рис. 1а) і зовнішній (рис. 1б) поверхнях склопакету ( $i = 1, \dots, 6, a, \dots, y$ ).

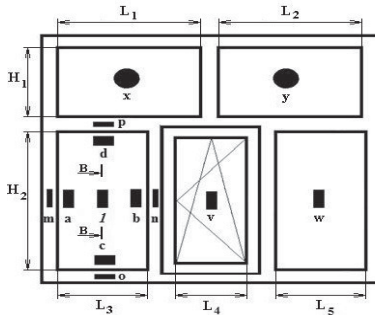


Рис. 1 а

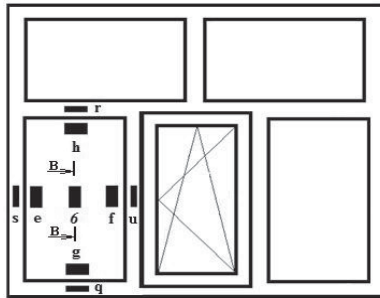


Рис. 1 б.

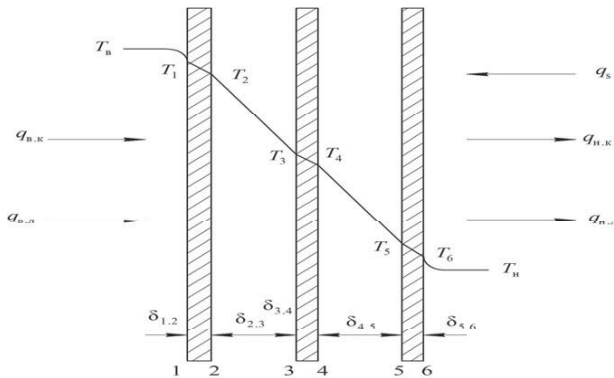


Рис. 1 в.

Поперечний переріз фрагменту склопакету і теплові характеристики, які діють на нього, показані на рисунку 1 в. Розміри:  $\delta_{12} = \delta_{34} = \delta_{56} = 0,004$  м,  $\delta_{23} = \delta_{45} = 0,010$  м. В точках 1 і 6 на відстані 0,2 м від поверхні скла по зовнішній, відносно склопакету, нормалі були встановлені датчики температури, які фіксують  $T_{в}(t)$ ,  $T_{н}(t)$ .

Для вимірювання температури застосовувалися платинові (похибка вимірювання 0,1 °C), і мідні (похибка вимірювання 0,2 - 0,3 °C) термометри

опору з робочим діапазоном зміни температури  $-40 \dots +100$  °С. Безперервні вимірювання густини теплового потоку проводилося з використання перетворювачів теплового потоку, розроблених в ІТТФ НАН України (декларована похибка вимірювання до 4%). Сигнали із заданим тимчасовим кроком вимірювання, в нашому випадку дорівнював 10 хвилинам, від датчиків записувалися переносним 96-ти каналним блоком реєстрації, розробленим в Інституті технічної теплофізики НАН України [9 - 10] в реальних умовах експлуатації будівлі з безперервним урахуванням зміни кліматичних факторів. Дослідження були проведені протягом 18 діб з 30.12.2014 по 16.01.2015, згідно з вимогами [11 – 12].

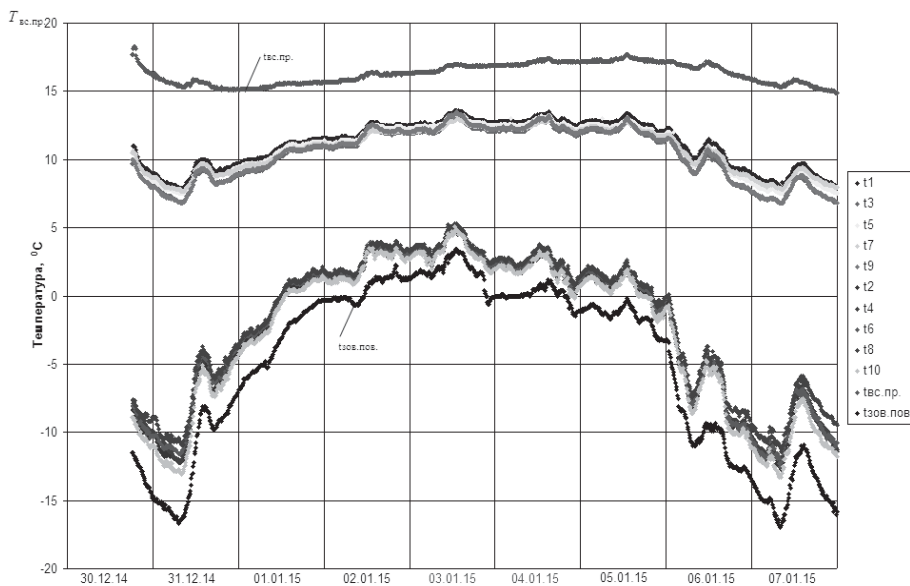


Рис. 2. Розподіл температури на внутрішній та зовнішній поверхнях двакамерного склопакету і значення температури зовнішнього повітря та температури всередині приміщення.

### Попередній аналіз дослідних даних та розробка математичної моделі.

Оскільки склопакети відносяться до комбінованих конструкцій, виготовлених з матеріалів з різними теплофізичними властивостями, то слід було б очікувати нерівномірність розподілу теплових потоків по поверхні склопакетів. Тому було проведено порівняння густин теплових потоків і температури в центральній та в чотирьох точках по краю склопакету. Порівнювалися значення густин теплових потоків на внутрішній поверхні вікна в точках а, b, с, d із значенням в центральній точці I:  $q_{i,l}^{\circ} = q_i/q_l$ , где  $i = a, b, c, d$ . Внаслідок чого, прийшли до висновку, що в якості характеризуючих значень величин для склопакета в цілому можна орієнтуватися на значення

величин в межах центральних точок склопакета, що і було реалізовано надалі. Результати експерименту вважалися достовірними, якщо густини теплових потоків  $q(t)$  в центральних точках, підрахованих по експериментальних даних  $T_1(t)$  і  $T_6(t)$ , корелюються з експериментальними даними  $q_e(t)$  в цих точках.

Була розроблена система математичних рівнянь, які враховують всі природні кліматичні фактори: альbedo, час сходу і заходу сонця, швидкість вітру, добову густину енергії, коефіцієнт тепловіддачі, температурний коефіцієнт об'ємного розширення, коефіцієнти теплопровідності і кінематичної в'язкості, коефіцієнт температуропровідності і променевої тепловіддачі, а також всі отримані експериментальні дані в кожній точці вимірювання. На основі цих рівнянь і створений алгоритм обробки експериментальних даних.

**Результати порівняння розрахункових показників з експериментальними даними.** Незважаючи на північну орієнтацію склопакета, чітко простежується дія радіації з 8 до 18 години. Це виражається у формі зниження значень густини теплового потоку  $q$  на цьому інтервалі. Узгодження розрахункових і дослідних даних по  $q$ ,  $T_{\text{зов}}$  і  $T_{\text{вс.пр.}}$  задовільне. Наприклад, на графіку для 31.12.2014, це чітко відслідковується. Враховуючи залежності для конвективного теплообміну, які були використані в методиці, можна констатувати можливість використання їх для розрахунку теплопередачі на обох поверхнях склопакету і коректність розрахункового алгоритму. Розбіжність між розрахунковими та експериментальними даними в середньому становить: для теплового потоку 1 – 1,5%, для температури 0,5 – 0,7%, що цілком задовільно.

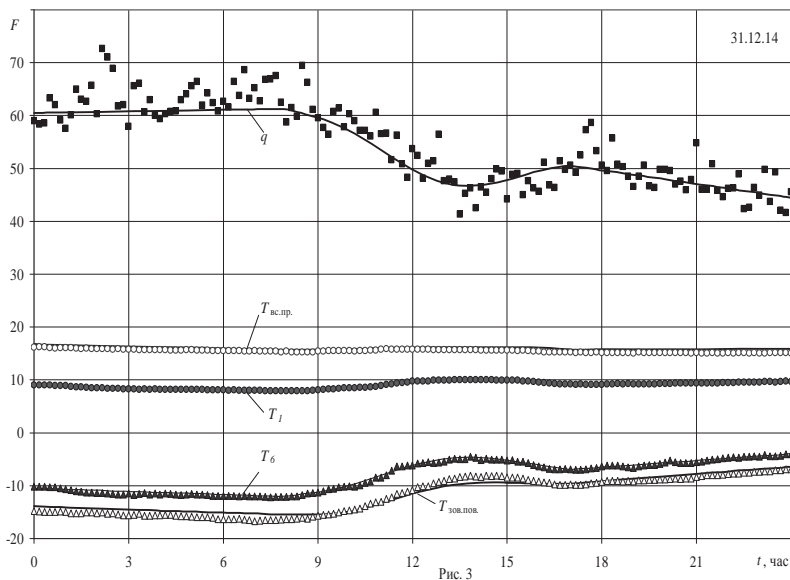


Рис. 3. Результати опрацювання даних по розробленій методиці. Суцільними лініями показано розрахункові дані.

**Висновки.** Результати вимірювань показали, що теплопередача склопакета в цілому характеризується параметрами в його центральній області. Запропонована методика обробки безперервно зафіксованих експериментальних даних по теплопередачі через склопакети з врахуванням впливу всієї сукупності кліматичних факторів дозволяє більш обґрунтовано визначити річні тепловтрати через склопакети.

## Література

1. *Семенова Е. В.* Воздухопроницаемость окон жилых и общественных зданий / *Е. В. Семенова* // Государственный комитет по гражданскому строительству и архитектуре при Госстрое СССР, Центральный научно-исследовательский и проектный институт типового и экспериментального проектирования жилища (ЦНИИЭП жилища). – М.: СТРОЙИЗДАТ, 1969. – 81 с.
2. *Савин В. К.* Исследование воздухопроницаемости окон / *В. К. Савин* // Исследование теплоизоляции зданий: Сб.тр. / НИИ строит. Физики. – М., 1985. – С. 93 – 98.
3. *Умнякова Н. П.* Исследование теплопередачи через конструкции оконных откосов в натурных условиях. / *Н. П. Умнякова*. – М., 1986. – 24 с. – (Экспрес-информ). – (Сер. 10. Строительная архитектура; 4).
4. *Низовцев М. И.* Тепло- и массоперенос в энергоеффективных ограждающих конструкциях и климатическом оборудовании зданий: автореф. дис. на соискание уч. степени докт. техн. наук: спец. 01.04.14 «Теплофизика и теретическая теплотехника» / *Низовцев Михаил Иванович*. – Новосибирск, 2011. – 39 с.
5. *Диомидов М. В.* Тепловые характеристики вентилируемых оконных проемов: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук: спец. 05.23.08 «Теплоснабжение, вентиляция кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение» / *Диомидов Михаил Витальевич*. – Новосибирск, 2003. – 163 с.
6. *Фокин К. Ф.* Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / *К. Ф. Фокин*. – Москва : АВОК-ПРЕСС, 2006.
7. *Богословский В. Н.* Отопление: Учебник для вузов. / *В. Н. Богословский, А. Н. Сканапи*. – Москва. Стройиздат, 1991.
8. *Ильинский В. М.* Строительная теплофизика. – Москва : Высшая школа, 1974.
9. *Давиденко Б. В.* Експериментальні дослідження теплопереносу через сучасні віконні конструкції в реальних умовах експлуатації / *Б. В. Давиденко, С. М. Гончарук, М. П. Новицька, Л. М. Кужель, Д. О. Красота* // Енергоефективність у будівництві та архітектурі, 2015, №7, ст. 65 – 71.
10. *Басок Б. І.* Експериментальні дослідження теплопереносу через сучасні віконні конструкції в реальних умовах експлуатації [Електронний ресурс] / *Б. І. Басок, Б. В. Давиденко, С. М. Гончарук, Л. М. Кужель* / Режим доступу: [http://wt.com.ua/wt\\_60\\_2015\\_online/flippingbook.swf](http://wt.com.ua/wt_60_2015_online/flippingbook.swf)

11. ДСТУ Б В.2.6 – 101: 2010 Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій. Чинний з 20.01.2010. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 84 с.

12. МВВ № 081/24-0778-11 Метрологія. Опір теплопередаванню крізь огорожувальні конструкції будівель і споруд різного призначення. Методика виконання вимірювань комбінованим тепловізію-пірометричним методом. ІТТФ НАНУ. – 2011.

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ЧЕРЕЗ СТЕКЛОПАКЕТЫ С УЧЕТОМ ВНЕШНИХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ. МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ**

*Басок Б. И., Накорчевский А. И., Кузель Л. М.,  
Гончарук, С. М., М.П. Новицкая*

В статье приведены результаты экспериментальных исследований и методика обработки результатов, которая была разработана на основании теплофизического моделирования. Данный алгоритм учитывает все природные факторы: альбедо, время восхода и захода солнца, скорость ветра, суточную плотность энергии, коэффициент теплоотдачи, температурный коэффициент объемного расширения, коэффициенты теплопроводности и кинематической вязкости, коэффициент температуропроводности и лучевой теплоотдачи, а также все полученные экспериментальные данные в каждой точке измерения.

### **EXPERIMENTAL STUDY HEAD TRANSFER THROUGH GLASS WITH INCLUDING EXTERNAL CLIMATIC FACTORS. METHOD OF DATA PROCESSING**

*B. Basok, A. Nakorchevskiy, L. Kuzhel, S. Goncharuk, M. Novitska*

The results of experimental studies and the results of the processing technique, which was developed on the basis of thermophysical modeling. This algorithm takes into account all environmental factors: albedo, sunrise and sunset times, wind speed, daily energy density, heat transfer coefficient, the temperature coefficient of volume expansion, thermal conductivity and kinematic viscosity, thermal diffusivity, and radiation heat transfer, as well as all the experimental data obtained in each measuring point.



## ОСОБЛИВОСТІ ВИЛУГОВУВАННЯ БАЗАЛЬТОВОГО ВОЛОКНА І ПІДВИЩЕННІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРІАЛУ

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

*В роботі розглядається енергоефективність матеріалів, екологічно чистих, з підвищеними експлуатаційними характеристиками, вогне і жаростійкими властивостями, що застосовуються у будівництві. Залежність базальтових волокон від хімічного складу і технології виробництва, підвищення експлуатаційних характеристик.*

**Постановка проблеми.** Базальтові волокна, в залежності від хімічного складу і структурних характеристик мають різний характер стійкості в корозійному середовищі. Так базальти родовища Янова Долина рівномірно, на протязі всього часу випробувань, втрачають масу і з такою самою рівномірною залежністю зменшують міцність на розтяг аж до повної втрати міцності і переходу матеріалу базальтового волокна в розчин сіро – зеленого кольору . В той же час базальтові волокна Усачківського і Роменського родовищ частково розчиняються у вищевказаних розчинах з утворенням об'ємної пористої структури . Характер корозійних процесів в базальтових волокнах з сировини родовища Тальне мають характерні ознаки як першої так і другої групи. При цьому, починаючи від поверхні до центру, поступово змінюється колір волокна. Такий характер взаємодії базальтового волокна з розчинами лугів і кислот характерний при протіканні процесу при кімнатній температурі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для виконання поставленої мети скористаємося даними досліджень Джигириса, Соколинської, Титова, що до вилугування базальтових волокон.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Зважаючи на вище сказане, визначимо вплив агресивного середовища на властивості базальтових волокон, що даватиме змогу регулювати хімічний, мінералогічний склад і експлуатаційні характеристики.

**Основна частина.** Для дослідів використовувались базальти родовищ України, а саме: Янова Долина, Тальне, Роменського і Усачківського. Хімічний склад досліджуваних базальтів наведено в табл. 1.

Корозійну стійкість базальтів визначалась по втраті маси. В якості корозійного середовища використовувались 0,5н і 2,0н розчини NaOH і HCl. Контрольні зразки витримувались в повітрі і в воді. Зміна структури базальту проводилась за допомогою комплексу дій, одним з діючих факторів яких був термічний вплив. Межове значення температури, яка використовувалась в дослідях становила 850 °С з кроком варіації 50 °С. Тривалість витримки при заданій температурі знаходилась в межах 0,5...6,0 годин. Результати визначення втрати маси базальтового волокна в воді, розчинах лугів і кислот при кімнатній температурі наведено в табл. 2, 3.

Таблиця 1

## Хімічний склад базальтового волокна

№	Найменування волокна	Хімічний склад, %						
		SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	R <sub>2</sub> O
1	ВРВ Родовище Усачковського	48,7	0,8	13,5	15,9	12,9	5,4	3,5
2	ВРВ Родовище Тальне	47,6	1,5	16,6	17,5	9,5	5,1	4,6
3	ВРВ Родовище Ромни	49,0	0,6	11,7	17,5	10,4	5,3	4,7
4	ВРВ Родовище Якова Долина	50,6	0,9	14,8	16,0	9,8	5,1	3,2

Таблиця 2

## Стійкість базальтового волокна в лужному середовищі

№	Волокно /родовище	Діаметр волокна, мк	Умови випробу- вань	2nNaOH	
				Втрати маси	
				мг	%
1	ВРВ Родовище Усачковського	1,1	10год при 100° С	230	41,0
		11,6		346	8,3
2	ВРВ Родовище Тальне	1,9	10год при 100° С	216	48,9
		8,7		501	15,6
3	ВРВ Родовище Ромни	1,2	10год при 100° С	296	40,9
		10,4		380	10,1
4	ВРВ Родовище Якова Долина	1,0	10год при 100° С	458	84,7
		11,4		1164	67,1

Таблиця 3

## Стійкість базальтового волокна в розчинах кислот

№	Волокно /родовище	Діаметр волокна, мк	Умови випробу- вань	2nHCl	
				Втрати маси	
				мг	%
1	ВРВ Родовище Усачковського	1,1	10год при 100° С	394	68
		11,6		2187	46
2	ВРВ Родовище Тальне	1,9	10год при 100° С	305	74
		8,7		1910	64
3	ВРВ Родовище Ромни	1,2	10год при 100° С	298	61
		10,4		1860	56
4	ВРВ Родовище Якова Долина	1,0	10год при 100° С	280	63
		11,4		1026	28

Як видно з наведених результатів базальтові волокна типу ВРВ мають високу хімічну стійкість до води. Після 10 годинної обробки в киплячій воді витрати маси фактично не перевищують похибки дослідів. Для волокна тип СТВ втрати маси відчутно зростають і знаходяться в межах 1,6...4,7 %. В лужному середовищі стійкість базальтового волокна залежить від його складу. При впливі  $2\text{NNaOH}$  на волокно типу ВРВ втрати маси знаходяться в межах 8...15,6%, але форма волокна повністю зберігається, утворюючи пористий каркас. З зменшенням діаметра волокна до 1...2% СТВ втрати маси волокна збільшуються в геометричній прогресії аж до повного розчинення. Стійкість базальтового волокна до кислот, в значній мірі визначається його хімічним складом. Так волокно із базальту Якова Долина після 10 годин перебування в  $2\text{NHCl}$  при температурі  $100^\circ\text{C}$  втрачає в масі до 28%. За даними [1] волокна типу ВРВ із базальту Халдського родовища після обробки в 2N розчині  $\text{HCl}$  при кип'ятінні повністю розчиняються з виникненням жовто-зеленого прозорого розчину. Розчинення базальтових волокон найбільш інтенсивно відбувається перші години перебування в розчинах. Потім інтенсивність впливання розчинних сполук різко зменшується. З збільшенням діаметра волокна процес затухання інтенсивності вимивання збільшується в геометричній прогресії. Найбільш цікаві результати отриманні при обробці волокон, з базальту Усачківського і Роменського родовищ. Волокно знебарвлюється, втрачає в масі, але повністю зберігає свою форму. З суцільного монолітного волокна отримується пориста структура. Таким чином в результаті проведених досліджень базальтового волокна можливо умовно поділити на такі групи:

1. Малорозчинні з збереженням форми і кольору волокна;
2. Повністю розчинні;
3. Частково розчинні в кислотах з утворенням об'ємної пористої структури;

З цих груп найбільш цікавою, з точки зору поставленої мети, є базальти Усачківського і Роменського родовищ. Визначення фізико-механічних і теплофізичних показників другої групи базальтових волокон (на даному етапі) проводились по показникам їх текстури.

Визначення фізико-механічних і теплофізичних показників другої групи базальтових волокон (на даному етапі) проводились по показникам їх текстури. Методи отримання пористих кремнеземних волокон і визначення їх текстурних характеристик наведені в роботах [6, 7]. Під текстурними характеристиками мається на увазі: об'єм сорбційних пор ( $V$ ), загальних об'єм пор ( $V_0$ ), питома поверхня сорбційних пор ( $S$ ); середній радіус сорбційних і макропор ( $r$ ,  $r_m$ ). В цих роботах було також визначено вплив хімічного складу вихідних базальтових волокон, а також умов кислотної і теплової обробки волокон з штучних і природних базальтів на текстуру отриманих з них волокон. Ці дослідження показали, що текстура кремнеземних волокон залежить від умов їх обробки, причому її можливо регулювати, одним чи декількома з наведених факторів в досить широких межах.

Корозійні вплив на вихідне базальтове волокно складний багатоступеневий процес, складові частини якого протікають не одночасно але в певній послідовності. На першому етапі, в базальтових волокнах першої і частково другої груп, фіксується рівномірна корозія всієї поверхні базальтового волокна (фото 1, 2, 3).

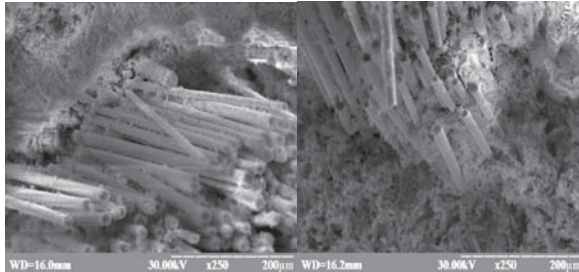


Фото 1

Фото 2

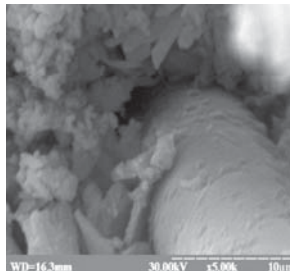


Фото 3

На другому етапі проходить глибинна корозія в локальних зонах базальтового волокна (фото 5, 6).

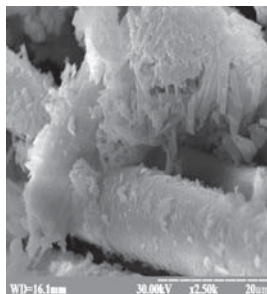


Фото 5

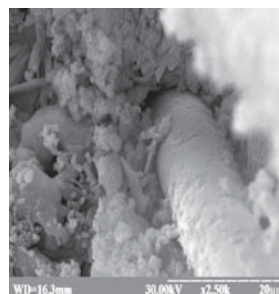


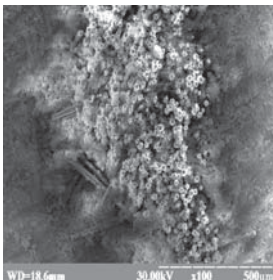
Фото 6

Цей характер корозії спостерігається в базальтових волокнах другої групи, але найбільшого свого розвитку, з найбільш характерними рисами він

Graph showing the thickness of the porous layer (mm) versus time (min) for various radii ( $r$ ). The curves show that the thickness increases over time and is higher for larger radii. The radii are:  $r=100 \text{ Å}$ ,  $r=60 \text{ Å}$ ,  $r=47 \text{ Å}$ ,  $r=28 \text{ Å}$ , and  $r=20 \text{ Å}$ . The y-axis ranges from 0 to 560 mm, and the x-axis ranges from 0 to 200 min.

1 — (CO — 30); 2 — (65—30); 3 — (61-28); 4 — (76 — 26); 5 — (76-24); 6 — (75-2II)

Інший характер корозійних процесів спостерігається в модифікованих базальтових волокнах. Взаємодія агресивних розчинів з поверхнею базальтового волокна починається з локальних зон, з поступовим розповсюдженням її по всьому об'єму матеріалу (фото 7, 8).



Scanning electron micrograph showing two parallel nanowires. The wires are elongated and cylindrical in shape. Technical details at the bottom indicate: 10KV X8.0K 63.2um 0.0um x0.0um.

Такий характер взаємодії розчинів з поверхнею фіксується для базальтових волокон, для виробництва яких використовувалась сировина

Усачковського, Тальне, Ромни, Якова Долина родовищ. Таким чином зафіксована поступова зміна фізико-механічних і структурних властивостей базальтових волокон для виготовлення яких застосовувалась сировина з різними властивостями (з різних родовищ). Індивідуальні властивості вихідних базальтових волокон набувають нових інтегрованих показників. Виникає нова речовина з сталими в часі властивостями, яка по характеру своєї взаємодії з агресивними розчинами аналогічна властивостям матеріалу базальтових волокон третьої групи в більш яскравому проявленні. (фото 9, 10)

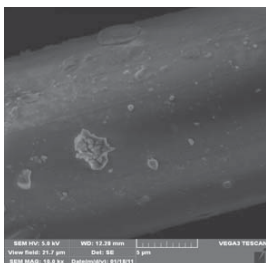


Фото 9

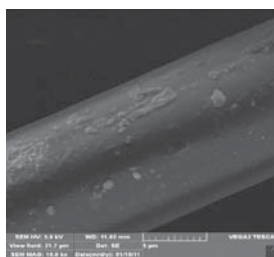


Фото 10

Одночасно з формуванням пористої структури матеріалу підвищується і його корозійна стійкість. Подальша стабілізація модифікованих базальтових волокон приводить до значного підвищення опору корозії. На поверхні базальтового волокна фіксуються окремі корозійно – активні ділянки, процес в яких розповсюджується тільки на локальну ділянку і має прогресивно затухаючий характер (фото 11).

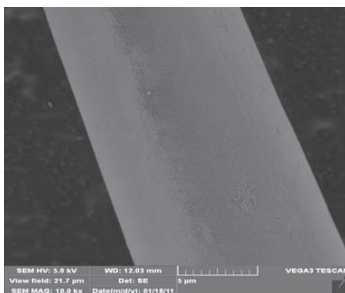


Фото 11

При цьому режимі обробки зафіксовано також суттєва зміна характеру утворення пор, розподілення величин їх діаметрів та однорідність розташування в об'ємі волокна. Так, якщо при вихідних параметрах обробки в матеріалах фіксувалися пори в межах від 100 до 20  $\text{\AA}$  і менше, причому характер їх розподілу по всьому об'єму змінювався по випадковій залежності в широкому діапазоні з переважним утворенням пор великого діаметру. В

базальтових волокнах, які пройшли стабілізацію пори розташовані рівномірно по всьому об'єму, діаметр, в переважному випадку знаходиться в межах 12...25 А°, характер розподілення об'єму пор по радіусам пористого кремнеземного скелету має яскраво виражений характер до затухання (рис. 2).

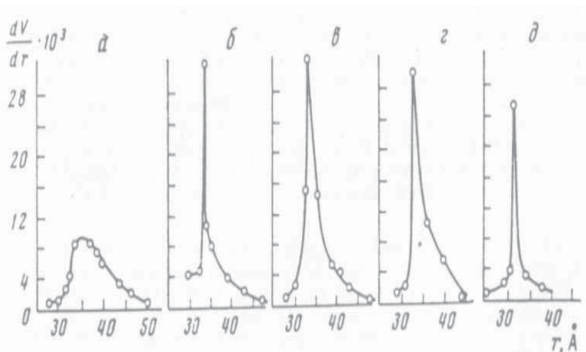


Рис. 2 Розподілення об'єму пор по радіусам пористого кремнеземного скелету базальтового волокна при вилугуванні НБС Na-7/23 при 18°С в розчинах соляної кислоти.

Також підвищується стійкість базальтового волокна в агресивних середовищах. Швидкість протікання корозії зменшується в 4...9 разів. Особливо характерно цей процес виражений в надгрубких базальтових волокнах.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Дослідженням встановлено наявність двох етапів при корозії вихідного базальтового волокна:

- перший етап – рівномірна, послідовна корозія по всій поверхні базальтового волокна; Цей етап притаманний першому і другому типу базальтових волокон.

- другий етап – розвиток корозії в локальних зонах базальтового волокна з наступним розвитком в його об'ємі. Цей вид корозії найбільший розвиток набув в базальтах третьої групи і частково в базальтах другої групи.

Встановлена зміна характеру корозії базальтового волокна після його модифікації. Швидкість корозії зменшується в 4...9 разів. Особливо характерно цей процес виражений в надгрубких базальтових волокнах.

За допомогою модифікації і стабілізації базальтові волокна всіх модифікацій і груп набувають характерних рис третьої групи. При цьому утворюється пористий кремнеземистий скелет з збереженням форми вихідного волоконназ надзвичайно дрібними порами приблизно однакового діаметру.

## Література

1. Соколинская М. А. Прочностные свойства базальтового волокна / Соколинская М. А. – Институт проблем материаловедения АН УССР, 1954. – 100 с.

2. Теренин А. Н. О природе термических превращений в щелочноборосиликатных стеклах / А. Н. Теренин. – К. : Основа, 1988. – 430с.

3. Титова А. И. Переход кремнекислоты в раствор при выщелачивание ликвидирующего натриевоборосиликатного стекла в кислоте и пористая структура образующихся стекол / А. И. Титова. – К. : Основа, 1956. – 200с.

## **ОСОБЕННОСТИ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ БАЗАЛЬТОВОГО ВОЛОКНА И ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ**

***Бердник О. Ю.***

В работе рассматриваются энергоэффективность материалов, экологически чистых, с повышенными эксплуатационными характеристиками, огне и жаростойкими свойствами, которые используются в строительстве. Зависимость базальтовых волокон от химического состава и технологии производства, повышение эксплуатационных характеристик.

## **FEATURE OF LIXIVIATING OF BASALTIC FIBRE AND INCREASE OPERATING DESCRIPTIONS OF MATERIAL**

***O. Berdnyk***

Energoeffektivnist' of materials, environmentally clean is in-process examined, with enhanceable operating descriptions, vogue and by heat-resistant properties which are used in building. Dependence of basaltic fibres is on chemical composition and technology of production, increase of operating descriptions.



## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОНАСОСНОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРУНТОВОГО КОЛЛЕКТОРА

*Институт технической теплофизики  
Национальной академии наук Украины, Украина*

***В статье рассмотрена теплонасосная система теплоснабжения с использованием грунтового коллектора. Приведены основные конструкции грунтовых теплообменников неглубокого залегания. Показаны экспериментальные данные, полученные в начале отопительного сезона 2015–2016 г.***

Грунтовые теплообменники (ГТО) предназначены для:

- а) извлечения теплоты грунта;
- б) сезонного аккумулирования-разрядки внешней теплоты.

При извлечении теплоты теплоноситель с температурой меньшей, чем температура грунта, циркулируя по контуру теплообменника, нагревается. Дальнейшее повышение температурного потенциала осуществляется тепловым насосом до параметров, необходимых потребителю для горячего водоснабжения и отопления. При аккумулировании теплоноситель с большей температурой отдает теплоту грунту, который сохраняет ее до периода извлечения.

ГТО можно классифицировать по способу размещения на:

- а) горизонтально ориентированные неглубокого заложения [1, 2];
- б) вертикально ориентированные, располагаемые в буровых скважинах [2, 3];
- в) групповые (размещенные группой в скважинах) [3 – 5].

В качестве теплоносителя во всех типах теплообменников используется вода или смеси различной концентрации полипропиленгликоля с водой.

Схематическое изображение горизонтальных ГТО неглубокого заложения показано на рис. 1. Они применяются только для извлечения теплоты. В связи с тем, что теплообмен с низким температурным потенциалом осуществляется в грунте, и зависит, прежде всего, от его термического сопротивления, теплообменник должен обладать развитой поверхностью теплообмена, а также быть технологичным в монтаже и при последующей эксплуатации. Такие ГТО размещаются, как правило, рядом с объектом теплоснабжения на глубине до 2 м. Их использование ограничивается размерами имеющейся земельной площадки для строительства. В странах Западной и Центральной Европы горизонтальные ГТО обычно представляют собой трубы, которые расположены относительно плотно и соединенные между собой последовательно или параллельно (рис. 1 а, б). Для экономии площади

участка были разработаны усовершенствованные типы теплообменников, например, в форме горизонтальной или вертикальной спирали (рис. 1 д, е). Такая форма теплообменников распространена в США [6].

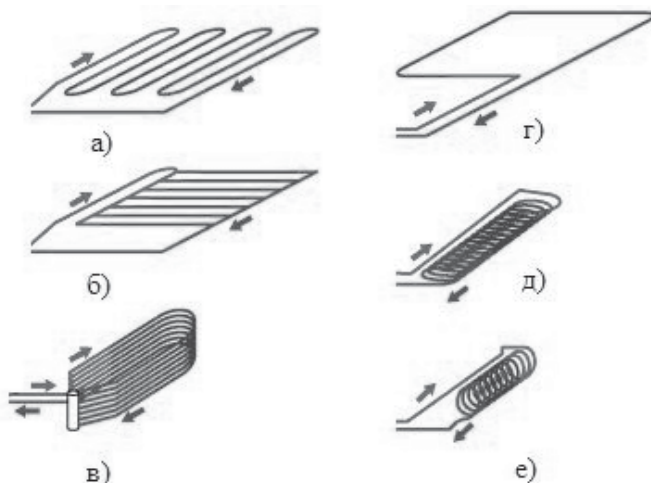


Рис. 1. Схемы горизонтальных ГТО, тут:

- а – теплообменник из последовательно соединенных труб; б – теплообменник из параллельно соединенных труб; в – горизонтальный коллектор, уложенный в траншее; г – теплообменник в форме петли; д – теплообменник в форме горизонтальной спирали; е – теплообменник в форме вертикальной спирали.

В Институте технической теплофизики НАН Украины образован и развивается центр теплонасосных технологий, в котором проводятся исследования энергетической и экономической эффективности использования теплонасосных систем теплоснабжения.

Один из примеров таких систем теплоснабжения – теплонасосная установка (рис. 2), которая использует возобновляемую низкопотенциальную теплоту грунта с помощью горизонтального грунтового теплообменника (ГТО) неглубокого залегания, входной и выходной патрубки 11 которого обозначены стрелками. Конструкция ГТО представляет собой теплообменник из последовательно соединенных полиэтиленовых труб (ПЭ-100) диаметром 32х2 мм (рис. 1а). В контуре циркулирует 20% водный раствор пропиленгликоля.

Основой экспериментальной теплонасосной установки является тепловой насос 1 Greenline Plus С производства IVT (Швеция) теплопроизводительностью 5,9 кВт [7]. В холодный период года теплоснабжение помещений реализуется с помощью системы напольного водяного отопления 3 или системы воздушного отопления на основе фэнкойлов 4 (каждый фэнкойл имеет номинальную тепловую мощность 3,8 кВт). Отопительный контур 3 выполнен из металлопластиковой трубы Rehau

наружным диаметром 17х3 мм, которая проложена по встречнонаправленной спирали с шагом между осями труб 175 мм [8].

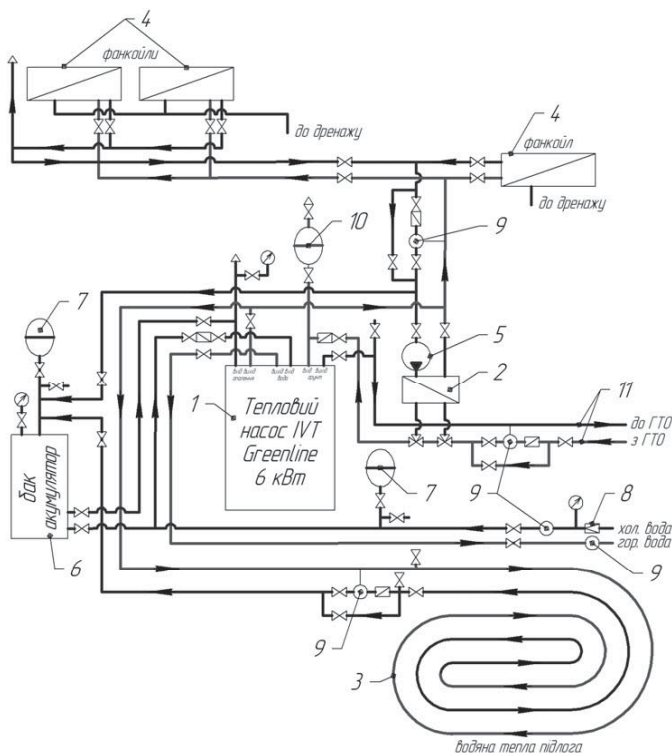


Рис. 2. Принципиальная схема теплонасосной системы теплоснабжения с использованием грунтового коллектора, тут:

- 1 - тепловой насос; 2 - пластинчатый теплообменник;
- 3 - система отопления типа водяной теплый пол;
- 4 - система воздушного отопления (кондиционирования) на основе фэнкойлов;
- 5 - циркуляционный насос; 6 - бак-аккумулятор;
- 7 - расширительная мембранная емкость;
- 8 - редуктор давления холодной воды; 9 - счетчики;
- 10 - расширительная емкость почвенного коллектора;
- 11 - контур грунтового коллектора.

ТН конструктивно оснащен баком-накопителем горячей воды (до 55°C) на 160 литров, что обеспечивает горячее водоснабжение в лаборатории.

Все обратные магистрали систем отопления подведены к теплоизолированной аккумуляционной емкости 6 (объемом 80л) с расширительным мембранным баком 7 (бак объемом 5л) и воздухопускателем. Последние предназначены для компенсации теплового расширения

теплоносителя, выпуска воздуха при заполнении системы, а также аккумулирования теплоты в объеме жидкости при работе ТН, благодаря чему происходит сокращение частоты включения компрессора ТН.

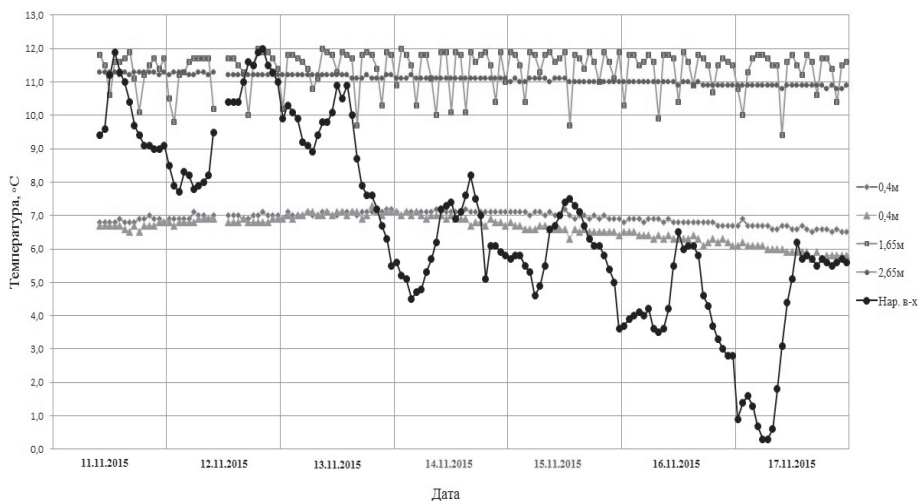


Рис. 3. Изменение температуры грунта и наружного воздуха в начале отопительного сезона 11-17.11.2015 г.

Заполнение бака горячего водоснабжения ТН и последующая его подпитка реализованы через редуктор 8 для снижения входного давления питательной воды до 3бар из системы водоснабжения института. В схеме предусмотрено измерения расхода жидкостей во всех контурах: почвенного коллектора, напольного и воздушного отопления теплосчетчиками 9 с компьютерным интерфейсом, а также измерения расхода холодной и горячей воды счетчиками 10. Давление и температура теплоносителя во всех контурах измеряется, соответственно, спиральными манометрами и терморезисторами ТСП-101 (на схеме не приведены).

С целью оценки технологических характеристик грунтового коллектора и анализа экспериментальных данных при исследовании процессов теплообмена и гидродинамики такого рода систем, в грунте на различных глубинах в реперных местах установлены термопреобразователи электрического сопротивления ТСМ-205, которые подключены к восьмиканальным приборам измерения и контроля температуры УКТ-38.

На графике (рис. 3) представлено распределение температуры в грунте на глубинах, соответственно, 0,4м (2 датчика), 1,65м и 2,65м. Как видно из графика, снижение температуры наружного воздуха влияет только на верхние слои грунта, которые непосредственно контактируют с воздухом (глубиной до 0,5 м). Измерения проводились в период с 11.11.2015 по 17.11.2015 года.

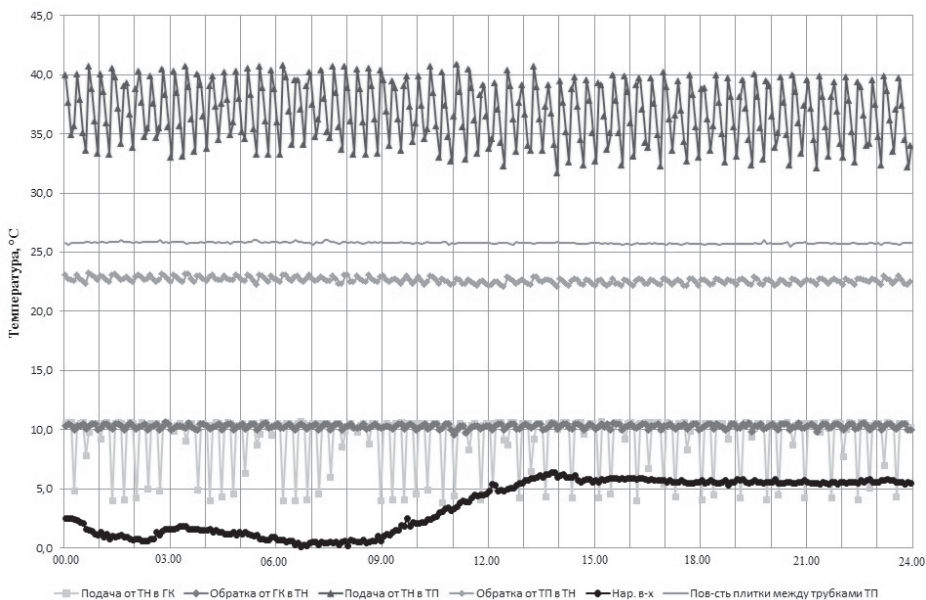


Рис. 4. Изменение температуры в характерных точках теплоснабжающей системы теплоснабжения за сутки 17.11.2015 г.

На графике (рис. 4) показаны температуры теплоносителя в характерных контурах – подача от теплового насоса в грунтовой коллектор, обратка из грунтового коллектора в тепловой насос, подача теплоносителя в тёплый пол, обратка из тёплого пола, температура наружного воздуха и температура поверхности пола. При этом температура воздуха в помещении фиксировалась на уровне 23 – 24°C. Данные были взяты за сутки 17.11.2015 года.

**Выводы и перспективы применения результатов работы.** Таким образом, разработанная теплоснабжающая система теплоснабжения с использованием грунтового коллектора успешно используется для отопления и горячего водоснабжения лабораторного помещения в Институте технической теплофизики НАН Украины. Данная система позволяет оценить эффективность использования теплоснабжающих установок с грунтовым коллектором для целей теплоснабжения потребителей небольшой мощности (общественные здания, частные дома и т.д.).

## Литература

1. Васильев Г. П. Энергоэффективные здания с теплоснабжающими системами теплоснабжения / Г. П. Васильев., Н. В. Шилкин // М. : АВОК. – 2003. – № 2.

2. ORKUSTOFNUN Working Group, Iceland, 2001: Sustainable production of geothermal energy – suggested definition // IGA News, № 43. January – March, 2001. – P. 1–2.

3. *B. Matthey*. Stockage de chaleur solaire par sondes verticales et couplage a une pompe a chaleur / *B. Matthey, S. Freiburghaus, S. Langel* // GEOTHERMIE CH. Bulletin de la Societe Suisse pour la Geothermie (SSG) 9. – № 24, 1999. – P. 9–12.

4. *A. J. Wijman*. Seasonal heat store in Groningen / *A. J. Wijman, Th. M. van Meurs G.A.M.* // EC conference on solar heating, INCONNU, France, D. Reidel Pays – BAS, 1984. – P. 886–893.

5. *Sanner, Burkhard*. Shallow geothermal energy / *Burkhard Sanner* // Justus Liebig University, Giessen, Germany, 2003. – P. 14.

6. *Rybach L.* Ground-source heat pump systems – the USA experience / *L. Rybach, B. Sanner* // Geo Heat Center Bull, 2000. – P. 21–23.

7. *Лунина А. А.* Експериментальна теплонасосна установка з ґрунтовим колектором для автономного теплопостачання і кондиціонування / *А. А. Лунина, А. И. Тесля, А. Р. Коба, А. Н. Недбайло, Т. Г. Беляева, М. А. Хибина, М. В. Ткаченко* // Пром. теплотехника. – 2009. – Т. 31, № 7. – С. 25–31.

8. *Ткаченко М. В.* Експериментальная низкотемпературная водяная система отопления типа «теплый пол» / *М. В. Ткаченко, А. Н. Недбайло, А. А. Лунина* // Пром. теплотехника. – 2009. – Т. 31, № 5. – С. 59.

9. *Басок Б. И.* Научно-технический центр теплонасосных технологий ИТТФ НАН Украины / *Б. И. Басок, А. И. Накорчевский и др.* // Тезисы докладов 7-й международной конференции «Проблемы промышленной теплотехники», Киев, 2011. – С. 76–77.

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОНАСОСНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ҐРУНТОВОГО КОЛЕКТОРА *Божко І. К., Недбайло О. М., Ткаченко М. В.***

У статті розглянута теплонасосна система теплопостачання з використанням ґрунтового колектора. Наведено основні конструкції ґрунтових теплообмінників неглибокого залягання. Показані експериментальні дані, отримані на початку опалювального сезону 2015–2016 г.

## **EXPERIMENTAL STUDIES OF HEAT PUMP HEATING SYSTEM WITH GROUND COLLECTOR *I. Bozhko, A. Nedbailo, M. Tkachenko***

The article deals with the heat pump heating system using ground collector. The basic design of heat exchangers shallow groundwater are shown. Showing the experimental data obtained at the beginning of the heating season 2015–2016 years.

## АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОГРАФІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ОПИСУ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ НА ЕТАПІ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ БУДІВЛІ

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

*Для візуалізації процесів теплопередачі в архітектурному об'єкті, а також для кількісної і якісної оцінки енергетичного балансу об'єкта пропонується використовувати графічне подання інформації – інфографіки, а саме – діаграми «Санкі». Це специфічний тип схеми, що об'єднує в собі дві характерні риси: лінією показані взаємозв'язки між об'єктами, а шириною лінії – «сила», кількісний показник цього зв'язку. За допомогою такої діаграми маємо можливість прослідкувати, як кожен джоуль енергії проходить через будівлю з моменту його надходження до моменту його втрати.*

**Постановка проблеми.** Геометрична модель енергоефективної будівлі, насичена даними про енергетичний баланс всередині будівлі, - інструмент, що дозволить архітекторам відстежувати і контролювати всі параметри архітектурного проекту, які мають вплив на енергоефективність будівлі. Графічне візуальне подання інформації про процеси теплопередачі в будівлі дозволить архітекторів швидко і чітко проводити енергетичну оцінку моделі.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Інфографіка відома вже багато років, а теперішнє швидке зростання числа легких у використанні та безкоштовних інструментів для їх створення зробили інфографіку доступною для ширшого кола населення. Діаграми «Санкі», які розглянуті у даній статті, відомі з ІХХ століття, проте лише в останнє десятиріччя почалося активне їх використання для візуалізації енергетичних і матеріальних витрат/надходжень або взаємозв'язків між процесами/об'єктами.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Метою даної роботи є розгляд можливості використання інфографіки для аналізу процесів теплопередачі в архітектурному об'єкті.

**Основна частина.** У минулих статтях автора було запропоновано для оптимізації процесу проектування енергоефективної будівлі на етапі формування створити та управляти геометричною моделлю архітектурного об'єкту, досліджувати її взаємодію з зовнішнім середовищем, оптимізувати її в залежності від сумарної оцінки енергоефективності моделі.

Для визначення властивостей просторової взаємодії в архітектурних об'єктах доцільно звертатися до інструментарію графоаналітичних теорій. З'ясовано, що геометрична побудова моделі архітектурного об'єкта передбачає створення якоїсь структури взаємопов'язаних просторових елементів. Елементи мають спільні один з одним кордони, будучи в сумі загальний об'єм. Через кожен такий кордон відбувається певна взаємодія між просторами, наприклад, обмін тепловими потоками.



Задля спрощення візуалізації даних, як альтернативу (або доповнення) до графоаналітичних моделей, для представлення, дослідження та аналізу обміну тепловими потоками між об'ємами в певному об'єкті пропонується використовувати інфографічне моделювання.

Інформаційна графіка або інфографіка (англ. Information graphics; infographics) — це графічне візуальне подання інформації, даних або знань, призначених для швидкого та чіткого відображення комплексної інформації [1]. Вона може покращити сприйняття інформації, використовуючи графічні матеріали для того, щоб підвищити можливості зорової системи людини бачити моделі [2, 3]. Процес створення інфографіки можна розглядати як візуалізацію даних, створення інформаційних схем та моделей подання інформації [1]. Засоби інфографіки, окрім зображень, можуть включати в себе графіки, діаграми, блок-схеми, таблиці, карти, списки.

Для аналізу взаємодії між об'ємами в будівлі представляють інтерес такі інфографічні схеми, на яких зображено лінії, які об'єднують в собі дві характерні риси: лінією повинен бути показаний взаємозв'язок об'єктів, а шириною лінії – «сила», кількісний показник цього зв'язку.

Подібний тип діаграм має свою специфічну назву «Санкі». Назва походить від імені Метью Сенкі, ірландського інженера 19 століття. Деякі джерела вважають його першим, хто застосував подібний візуалізаційний метод: у виносці до матеріалів однієї із зустрічей Інституту Інженерів Механіки Ірландії, він намалював схему порівняння наявного в той час парового двигуна з якимсь ідеальним двигуном без енерговитрат, над створенням якого (не дуже успішно) працювали в той час.

Діаграми Санкі допомагають візуалізувати енергетичні або матеріальні витрати/надходження або взаємозв'язки між процесами/об'ємами. У діаграмах Санкі поставлено візуальний акцент на основних передачах потоків у системі. Вони корисні в пошуку домінуючих «внесків» у загальний потік. Часто діаграми Санкі показують сталість величини в межах кордонів (в певних рамках), визначених у системі.

На рис. 1. продемонстровано діаграму «Санкі», яка показує енергетичний баланс будинку для середини зими. Енергія, що надходить у будинок, дорівнює енергії, що втрачається. Потоки теплової енергії вимірюються в кВт·год, загальна сума 804 кВт·год. Як правило, в діаграмах «Санкі» джерела енергії розподілені так: зліва – надходження тепла у будинок (придбана тепла енергія, тепловий насос, тепло від приладів та обладнання, від людей, від землі, гаряче водопостачання, пасивне сонячне надходження тепла через світлопрорізи), справа – втрати енергії (втрати тепла через вікна, стіни, стелі, втрати тепла через вентиляцію та інфільтрацію). Енергетичний баланс (посередині схеми) = надходження тепла – витрати тепла.

За допомогою такої діаграми маємо можливість прослідкувати, як кожен джоуль енергії проходить через будівлю з моменту його надходження до моменту його втрати, а доповнивши схему зв'язками приміщень між собою, можна буде показати все, що відбувається в енергією всередині оболонки будівлі, та, дослідивши, як розподіляються теплові потоки між елементами



будівлі та між будівлею та середовищем – проводити кількісну і якісну оцінку енергоефективних якостей об’єкта.

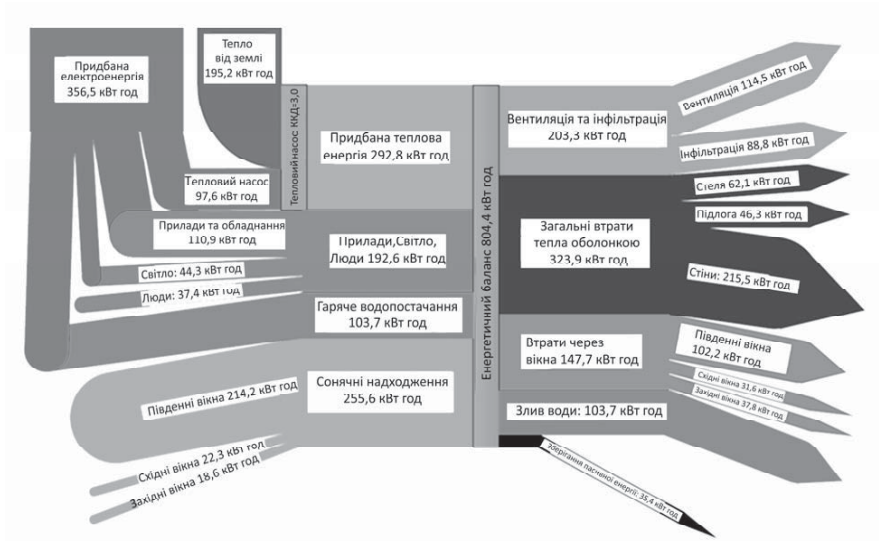
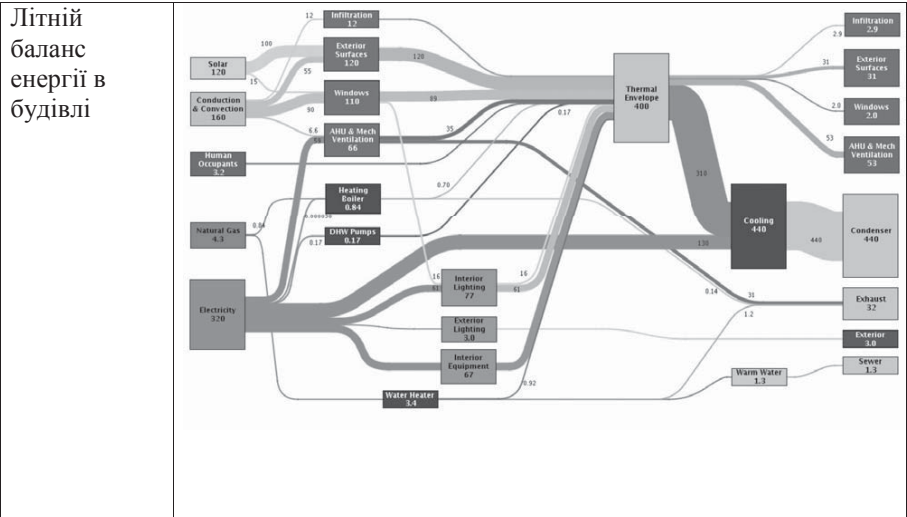
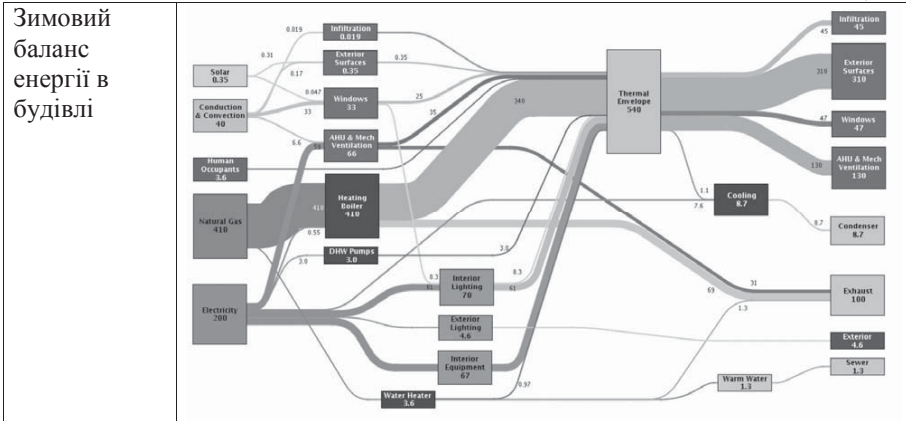


Рис. 1. Діаграма «Санкі» для аналізу теплових потоків в будинку

Таблиця 1  
Використання діаграми «Санкі» у вимірюванні та моделюванні потоків енергії в старій будівлі флоту у м. Філадельфія





При експлуатації будівлі даний вид діаграм (після збору даних) дозволяє наочно проаналізувати, як функціонує будівля, які процеси теплообміну в ній відбуваються, як використовується енергія, де відбуваються нераціональні втрати енергії та ін.

У таблиці 1 показано, як американські дослідники з Hub EEB визначали детальну продуктивність енергетичної системи старої будівлі флоту у Філадельфії. Дослідники оснастилися датчиками і системою збору даних, щоб визначити детальну продуктивність системи, побудувати енергетичні навантаження, визначити якість навколишнього середовища навколо будівлі (IEQ) і докладне функціонування системи управління будівлею. Встановивши датчики зчитування даних з 509 точок вимірювання, вони зібрали 1 048 даних.

Результати цього «зворотного моделювання» (тобто вимірювання) представлені в діаграмах «Санкі» (табл. 1) і використовувалися для того щоб визначити невідповідності в прогнозованому та фактичному енергетичному балансі будівлі.

Аналізуючи діаграми, одразу помітні істотні відмінності між надходженням енергії січні та в липні (зліва), а також між втратами енергії в різні пори року (справа). У даній діаграмі видно, який приблизно відсоток тепла втрачається взимку зовнішніми оболонками будівлі, через вентиляцію та ін., яка частина споживання енергії в липні витрачається на охолодження повітря, скільки тепла надходить через вікна та ін.

На сьогоднішній день існує багато комп'ютерних програм, які можуть змоделювати діаграму «Санкі». Принцип дії всіх програм зводиться до того, що потрібно ввести всі вихідні дані і графік буде побудовано автоматично. Найуживаніші з них – Sdraw, e-sankey, Sankeybuilder, Sankey Diagram Creator, SankeyEditor 2011, а також навіть додаток до Exel – Sankey Helper.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** За допомогою діаграми «Санкі» маємо можливість прослідкувати, як кожен джоуль енергії проходить через будівлю з моменту його надходження до моменту його втрати,

а доповнивши схему зв'язками приміщень між собою, можна буде показати все, що відбувається в енергією всередині оболонки будівлі, та, дослідивши, як розподіляються теплові потоки між елементами будівлі та між будівлею та середовищем – проводити кількісну і якісну оцінку енергоефективних якостей об'єкта.

### Література

1. *Smiciklas M.* The Power of Infographics: Using Pictures to Communicate and Connect with Your Audience / *Smiciklas* // *M.* 2012
2. *Heer, J.* A tour through the visualization zoo / *J. Heer, M. Bostock & V. Ogievetsky* // Communications of the ACM, 2010. – P. 59–67.
3. *Card S.* Information visualization. In A. Sears & J. A. Jacko. Human-Computer Interaction: Design Issues, Solutions, and Applications Boca Raton. - FL: CRC Press, 2012. – P. 510–543.
4. *Шубенков М. В.* Структура архітектурного простору / *М. В. Шубенков* // Рукопис. Дис. докт. арх. за спец. 18.00.01 «Теорія та історія архітектури, реставрація та реконструкція архітектурної спадщини». – МАІ, Москва, 2006
5. *Тиханчиков О. С.* Функціональна і просторова організація сучасної індивідуальної оселі (на прикладі одноквартирного житлового будинку з нижньою межею загальної площі 500 кв.м.) / *О. С. Тиханчиков* // Рукопис. Дис. канд. арх. за спец. 18.00.02 – Архітектура будівель і споруд. – МАІ, Москва, 2009
6. <http://www.sankey-diagrams.com>

### АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОГРАФИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЯ

*Болгарова Н. Н.*

Для визуализации процессов теплопередачи в архитектурном объекте, а также для количественной и качественной оценки энергетического баланса объекта предлагается использовать графическое представление информации – инфографики, а именно – диаграммы «Санки». Это специфический тип схемы, объединяющей в себе две характерные черты: линией показаны взаимосвязи между объектами, а шириной линии – «сила», количественный показатель этой связи. С помощью такой диаграммы имеем возможность проследить, как каждый джоуль энергии проходит через здание с момента его поступления до момента его потери.

# **ANALYSIS OF MODELING INFO-GRAPHIC TO DESCRIBE THE HEAT TRANSFER TO THE DESIGN AND OPERATION OF BUILDINGS**

*Natalia M. Bolgarova*

To visualize the processes of heat transfer in the architectural object, and quantitative and qualitative assessment of the energy balance facility is proposed to use a graphical representation of information – infographic – namely Sankey Diagram. This specific type of scheme that combines two features: a line showing the relationship between objects and width – "strength", quantitative measure of communication. With this diagram we have the opportunity to watch, as every joule of energy passing through the building since its revenues since its loss.

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И АРХИТЕКТУРЕ ОТ КОМПАНИИ «СЕН-ГОБЕН СТРОИТЕЛЬНАЯ ПРОДУКЦИЯ УКРАИНА»

*Компания «Сен-Гобен Строительная Продукция Украина»*

### ***В статье описана концепция Мультикомфортного дома «Сен-Гобен».***

В связи с постоянным ростом цены на газ, электроэнергию и другие энергетические ресурсы, вопрос энергосбережения за счет утепления зданий и установки эффективного энергосберегающего оборудования становится все более актуальным. Но стоит понимать, что кроме возведения здания с массивной теплоизоляционной оболочкой для уменьшения теплопотерь и, соответственно, экономии денег, нужно задуматься о комфорте проживания в таком доме. Ведь основная цель современных зданий – это не только сохранять тепло зимой и прохладу летом, а еще и выполнять ряд других задач. Например, таких, как:

- Высокое качество воздуха в помещении;
- Хороший акустический комфорт, снижение уровня шума в здании;
- Комфортная температура и влажность в помещении на протяжении всего года;
- Высокий уровень поступления дневного света в помещение;
- Срок службы конструкции здания не менее 50 лет;
- Использование современных технологий для повышения комфорта проживания в здании;
- Автономность здания.

Основная проблема заключается в достижении максимального баланса комфорта, энергосбережения и других показателей в сочетании с приемлемой стоимостью этого здания. Компания «Сен-Гобен» успешно справилась с данной задачей, создав концепцию Мультикомфортного дома – дома, который грамотно сочетает в себе все перечисленное выше. Компания «Сен-Гобен» успешно применяет данную концепцию в готовых объектах по Европе.

Основные отличия Мультикомфортного дома от энергоэффективного (спроектированного с соблюдением всех нормативных требований по энергоэффективности в Украине) заключаются в том, что кроме обеспечения тепла зимой, прохлады летом и низких затрат на отопление здания, построенное по концепции Мультикомфортного дома, должно обеспечивать высокое качество воздуха в помещениях, высокий уровень освещенности и отличную защиту от шума, как внутри помещения, так и поступающего извне.

Основные теплопотери в любом здании происходят через крышу и стены. Теплопотери, как правило, связаны с недостаточным утеплением ограждающих конструкций, сложной конфигурацией здания, наличием большого числа мостиков холода, дефектов и щелей, которые возникают во время некачественного монтажа изоляции, плохого уплотнения стыков окон и дверей

и т.д. Кроме того, теплотери связаны с использованием неэффективных окон и отопительного оборудования, нерациональным расположением окон по сторонам света, неправильной эксплуатацией здания.

Мультикомфортный дом должен иметь массивную, непрерывную теплоизоляционную оболочку по всему периметру, выполненную из качественного, долговечного материала с низкой теплопроводностью. Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций должно быть не менее  $6,7 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$  для компактной формы здания и не менее  $10 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$  для некомпактной.

Необходимо использовать узлы, сертифицированные Институтом пассивного домостроения, и конструктивы здания, которые подтвердили свою эффективность и целесообразность после проведения соответствующих расчетов по теплопередаче, влажностному режиму, безопасности.

На рисунке 1 представлены примеры конструктивов Мультикомфортного дома.

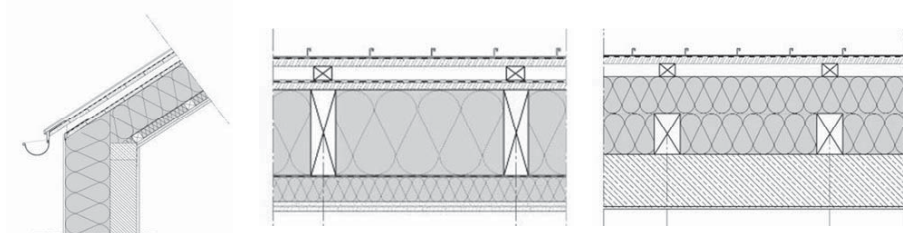


Рис. 1. Примеры конструктивов Мультикомфортного дома.

Как видно из рисунка 1, основная цель – это добиться сплошной, непрерывной теплоизоляционной оболочки здания, выполненной из качественного утеплителя, добиться отсутствия линейных «мостиков холода» и максимальной однородности конструкции.

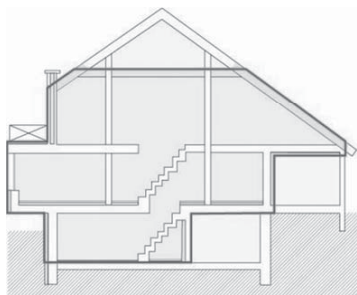


Рис. 2. Сплошная теплоизоляционная оболочка здания

Кроме эффективной и качественной тепло- и шумоизоляции с внешней стороны здания для обеспечения максимального уровня комфорта и защиты от шума, необходимо предусмотреть тепло- и шумоизоляцию внутри помещения.

Современные тепло- и шумоизоляционные материалы и решения между комнатами и этажами компании Сен-Гобен ISOVER способны обеспечивать индекс изоляции воздушного шума на уровне 45-61 дБ, что обеспечивает максимальный уровень акустического комфорта.

Таблица 1

Результаты акустических испытаний перегородок на металлическом каркасе, заполненных материалом ISOVER ЗвукоЗащита

На одинарном профиле с одним гипсокартонным листом с каждой стороны	
Толщина изоляции 50мм	<b>R<sub>w</sub> = 46 ДБ</b>
На одинарном профиле с двумя гипсокартонными листами с каждой стороны	
Толщина изоляции 75мм	<b>R<sub>w</sub> = 54 ДБ</b>
На двойном профиле с двумя гипсокартонными листами с каждой стороны	
Толщина изоляции 100мм	<b>R<sub>w</sub> = 61 ДБ</b>



Рис. 3. Обеспечение шумоизоляции между этажами



Форма здания построенного по концепции Мультикомфортного дома должна быть максимально рациональной и компактной, иметь минимум пристроек, выступающих частей и теплопроводных включений. При проектировании необходимо продумать расположение здания по сторонам света, таким образом, чтобы максимальное количество окон было ориентировано на юг (юго-восток, юго-запад), так как именно таким образом можно добиться максимального теплопоступления за счет солнечной энергии. Минимальное количество окон должно быть направлено на север. Кроме того, необходимо учитывать затенение от других рядом расположенных зданий. Рекомендованная площадь остекления для оптимальной освещенности здания составляет 35% по отношению к жилой площади здания. Стеклопакеты (остекление) необходимо использовать двухкамерные, с заполнением инертными газами и энергосберегающим покрытием на внутреннем и наружном стекле. Сопротивление теплопередаче стеклопакетов должно быть  $1,25 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$ .

Перегрев в Мультикомфортном доме в летнее время должен составлять не более 10-20%.

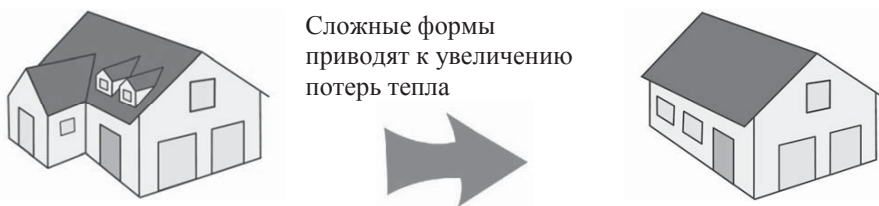


Рис. 4. Компактность здания

Часто задают вопрос: должен ли дом «дышать»? Ответ: Нет! Особенно если это дом каркасного типа. Если дом дышит, значит, он теряет тепло. Воздух, проходящий через щели увлажненных стен, не является «здоровым». Оболочка здания должна быть максимально герметичной, кратность воздухообмена в здании не должна превышать 0,6/ч. Необходимо проводить обязательную установку пароизоляции для крыши, пола, перекрытия, каркасных стен, утепления изнутри. Проветривание помещений и вывод избыточной влаги необходимо осуществлять за счет механической системы вентиляции с рекуперацией тепла не менее чем 75%. Рекуперация обеспечивает нагревания холодного приточного воздуха за счет теплого уходящего. Проветривание помещения за счет открывания форточки рекомендовано применять в летний период, так как зимой будут теряться деньги за отопление.

Подбор отопительного оборудования необходимо осуществлять после проведения технико-экономического расчета и выбирать максимально эффективный вариант для каждого конкретного региона. Необходимо оценить возможности подвода того или иного источника энергии, его эффективность на данной территории или в климатической зоне, стоимость топлива, целесообразность установки, долговечность и срок окупаемости.

Рекомендованная мощность системы отопления составляет  $10 \text{ Вт/м}^2$ . Система «умный» дом, регуляторы температуры, альтернативные источники энергии и система вентиляции с рекуперацией воздуха дадут возможность наиболее грамотно управлять энергопотреблением в здании, в зависимости от того находится ли человек в здании или какое-то время отсутствует.

Теплопотери здания, спроектированного по концепции Мультикомфортного дома, не должны превышать  $25 \text{ кВт ч/м}^2$  за год, в то время как для энергоэффективного дома теплопотери не должны превышать  $100 \text{ кВт ч/м}^2$  за год.

Расход первичной энергии для Мультикомфортного дома не должен превышать  $120 \text{ кВтч/(м}^2 \text{ год)}$ .

Срок окупаемости Мультикомфортного дома рассчитывается индивидуально, в зависимости от проведенных мероприятий.

Мультикомфортный дом должен быть спроектирован с учетом минимального количества выбросов  $\text{CO}_2$  в атмосферу и с применением экологически безопасных строительных материалов, с возможностью их вторичной переработки после демонтажа здания.

### Литература

1. Электронный ресурс удаленного доступа : <https://www.saint-gobain.com/en/saint-gobain-stories/saint-gobain-multi-comfort-house>;
2. Конструкции зданий и сооружений. Тепловая изоляция зданий ДБН В.2.6-31:2006. – [Вступил в силу с 01.04.2007]. – М.: Минстрой Украины, 2006. – 64 с. – (Государственные строительные нормы Украины).
3. Руководство по разработке энергетического паспорта зданий ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007. – М. : Минстрой Украины, 2007. – 43 с. – (Государственный стандарт Украины).

### **ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ РІШЕННЯ В БУДІВНИЦТВІ ТА АРХІТЕКТУРІ ВІД КОМПАНІЇ «СЕН-ГОБЕН БУДІВЕЛЬНА ПРОДУКЦІЯ УКРАЇНА»**

***Бондаренко В. В.***

В статті описана концепція Мультикомфортного будинку «Сен-Гобен».

### **ENERGY-EFFICIENT SOLUTIONS IN CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE FROM THE COMPANY «SAINT-GOBAIN CONSTRUCTION PRODUCTS UKRAINE»**

***Vadim Bondarenko***

The article describes the concept of the «Saint-Gobain» Multi-Comfort House.

## ТЕРМО-КЛІМАТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ БУДИНКУ

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

*У роботі розкривається концепція визначення, проектування та практичної реалізації в будівництві такої характеристики будинків як термо-кліматичний потенціал – інтегрованого показника, чие застосування є інноваційним способом підвищення енергоефективності об'єктів будь-якого призначення.*

**Постановка проблеми.** Енергоінтеграція є найбільш перспективною концепцією забезпечення енергоефективності будинків. Стандартно експлуатаційні витрати та показники енергоефективності будинку обчислювались для окремих інженерних систем: опалення, кондиціювання<sup>1</sup>, вентиляція, гаряче водопостачання, газопостачання, водопостачання та водовідведення, освітлення та електропостачання. Всього 9 систем.

Кожна система – своє технічне рішення/виріб/управління/оптимізація. Як правило, система за рекомендаціями з проектування розраховується на пікові навантаження. Для прикладу – опалення – 5 днів січня. Але. Але вони – 5 днів – це лише 3% опалювального періоду. Те саме стосується підбору потужностей інших інженерних систем. І лише водопостачання та електропостачання враховує перерозподіл потужностей з врахуванням коефіцієнту одночасності. Це призводить до раціоналізації встановлених потужностей та обладнання. Опалення, вентиляція, охолодження таких ідей, розрахунків не використовує.

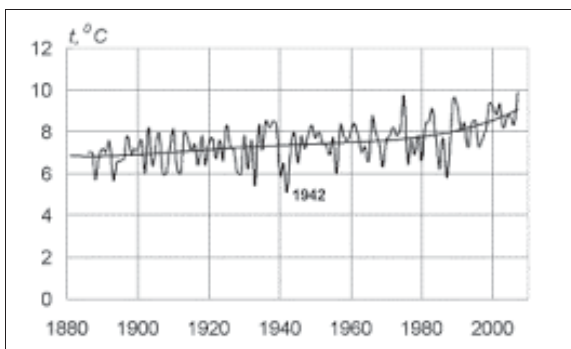


Рис. 1. Зміна середньорічної температури повітря в Києві з кінця 19 сторіччя

\* заступник директора, головний інженер, керівник Науково-дослідного інженерно-технічного Центру ПАТ «КиївЗДНІЕП», Україна

<sup>1</sup> Є думка про необхідність зміни терміну. Адже в світовій практиці вживається термін cooling та весь «клімат» звучить як HVC – HeatingVentilationCooling. Відповідно слід і вітчизняну практику привести у термінологічну відповідність – Опалення Вентиляція та Охолодження (ОВО)

Але тенденції зміни клімату (рис. 1) ілюструють той факт, що при нормативному строку експлуатації в 100 років вимоги до інженерних систем суттєво змінюватимуться.

На додачу, у відповідності з умовою впровадження директиви ЕС 2020 щодо енергоефективності будинків, розроблений та знаходиться в стадії опублікування ДБН, який введе стандартну для Європи практику обчислення інтегрованого показника сукупних енерговитрат будинку за всіма інженерними системами. Проектне, технічне рішення, у відповідності з майбутніми вимогами, буде оцінюватись за формулами, які походять з теорій «Вартості життєвого циклу» (ВЖЦ; або Life Circle Costing – LCC) та «Функціонально Вартісного Аналізу» (ФВА; або Value Engineering – VE).

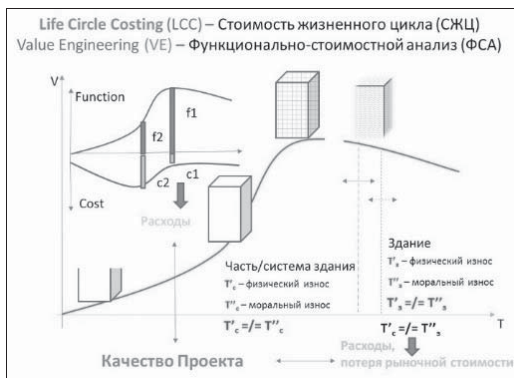


Рис. 2. Логіка оцінки якості проектних рішень

Нажаль, при тому, що вказані теорії були розроблені практично одночасно в 50-60 роки (Р. Вернон, Л. Д. Майлс, США та Ю. М. Соболев, СРСР) однак вони практично лишилися поза вітчизняною практикою проектування в будівництві взагалі та інженерних систем зокрема.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Проблема пошуку та визначення інтегральних характеристик будинків в контексті забезпечення енергоефективності на сьогодні досить нова. Існує достатня практика застосування термоактивних будівельних систем (ТАБС) для створення керованого акумулятора тепла/холоду. В статті розглядається зв'язок контрольованої температури поверхонь приміщень в будинку, як головної умови якісного кліматичного режиму та умови забезпечення довгострокової енергоефективності і використання відновлювальних джерел енергії.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Зважаючи на вище сказане визначимо алгоритм формулювання концепції термо-кліматичного потенціалу будинку як інтегрального показника, який визначає інноваційний спосіб забезпечення мінімального використання зовнішньої енергії будинками.

**Основна частина.** Структурувавши будинок за «основними», «додатковими», «допоміжними», тощо, функціями та складовими системами у

відповідності з ФВА визначення будинку є наступним: «Будинок – це об'єм з контрольованим кліматом». Саме «несуча функція» формує об'єм, а «функція забезпечення клімату» – мета створення будинку.

Вказані функції – єдині незмінні на протязі всього періоду експлуатації будинку. «Внутрішній клімат» та його інтегральні показники якості (температура, вологість, швидкість руху повітря, та хімічний склад), включно з інтегральними показниками якості інженерних систем – мінімальна вартість життєвого циклу – є інтегрованим показником буквально, та не менш ніж, *конкурентоздатності* власника об'єкту нерухомості в умовах глобалізації.



Рис. 3. Ілюстрація визначення будинку по головній дуальній функції

Інтегральна якість проекту будинку за вказаними показниками – це сума капітальних витрат та сума експлуатаційних витрат – умова втримання суб'єкту економічних відносин в конкурентному глобальному середовищі. Адже зрозуміло, що вказані витрати залежать від кліматичних умов ззовні будинку. А вони різні для країн в світі. І, відповідно, що домогосподарство, що фірма, що підприємство вступає в конкуренцію щодо собівартості виробництва та послуг із вказаним активом/обтяженням.

Стандартним рішення в контексті енергоефективності будинку були по-перше, зменшення тепловтрат через огорожувальну оболонку будівлі, по-друге, рекуперація в системі вентиляції.

Перше рішення – нарощування  $R$  – термічного супротиву оболонки має граничне рішення – вакуум, або повітря ( $\min \lambda$ ) і вже наближається до нелогічного максимуму. Оболонці слід виконувати і функцію механічного захисту внутрішнього об'єму тому «невагові» оболонки мають обмежене використання.

Друге рішення стикається з критичною залежністю від санітарно-гігієнічних вимог щодо якості повітря, досягнути якого якнайдешевше та найлогічніше за рахунок природної припливної вентиляції(чи провітрювання).

В той же час ключовими трендами сучасності в контексті енергоефективності будинку є орієнтація на відновлювальні джерела енергії (ВДЕ).

ВДЕ характеризуються потужностями:

- незначними, розподіленими в просторі/території
- нестабільним у часі
- циклічним у часі доби та року зі збереженням вказаних вище

особливостей

Для використання ВДЕ з вказаними особливостями будинок має мати акумулятор тепла/холоду, який скомпенсує вказані нерівномірності та накопичить потрібну потужність вже під графік споживання.

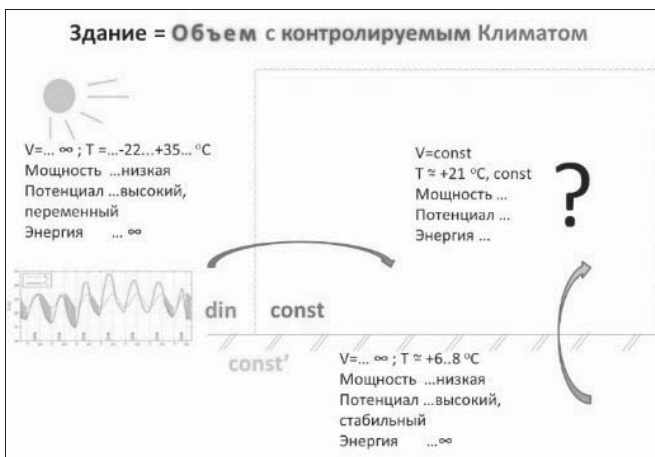


Рис. 4. Схема Системы «будинок – зовнішнє середовище»

Оптимальним, з переліку багатьох, акумулятором є вода. Саме тому клімат приморських країн найкомфортніший. Тому в арсеналі сучасних рішень типовим є ємність з водою, яка розміщуються в технічних приміщеннях будинку. Є варіанти з крупним щебнем, засипаним в підвалі крізь який пропускають повітря. Є рішення з розчинами солей чи парафінів. Та і сам будинок – сукупність стін, перекриттів, та і всього що в ньому – акумулятор. Це відчувається за певним часом, який потрібен для прогріву на початку опалювального сезону.

Інструментарій ФВА та ВЖЦ дозволив виділити найбільш раціональне рішення: *забезпечення клімату в приміщенні шляхом контролю температури несущих горизонтальних частин будинку.*

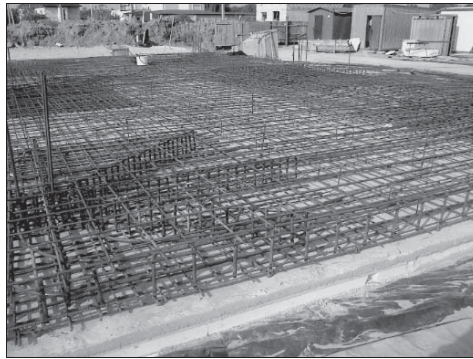


Рис. 5. TABS/TAACC

Вказана рішення отримало назву thermo active building system (TABS) і є на сьогодні найбільш раціональним шляхом в контексті енергоінтеграції будинку та його систем для забезпечення мінімальної вартості життєвого циклу.

Конструкції будинку /на відміну стандартних будівельних систем (БС), коли вони є неактивним, практично неконтрольованим акумулятором/ виконуються активним, керованим акумулятором. Такий акумулятор є акумулятором як тепла так і холоду. Вказаний спосіб будівництва створює *новий клас БС*.

Для забезпечення вказаних можливостей– накопичення тепло/холоду – робочим тілом системи оптимальною є вода. Як і кожен акумулятор ключовою характеристикою його є ємність або потенціал. **Потенціал** – здатність накопичувати, тримати певний час та віддавати певну потужність в керованому режимі.

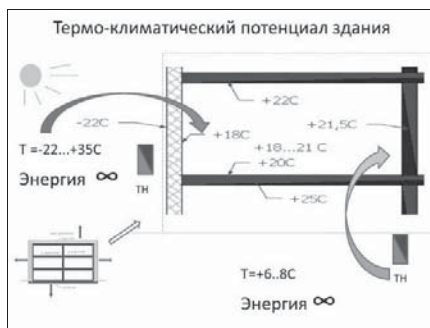


Рис. 6. Концепція термо-кліматичного потенціалу (ТКП) будинку

Концепція «Потенціалу» є дуже поширеною в природних, економічних та технічних дисциплінах за своїм об'єктивним характером та дозволяє надати інженерне та наукове забезпечення вирішенню багатьох проблем/завдань.



Логічне за суттю накопичення тепла/холоду, яке здійснюється в каркасі будинків, побудованих за технологією ТААБС (*термоактивні акумулюючі адаптивні будівельні системи*), як показала практика, може бути поширене до поняття «клімат».

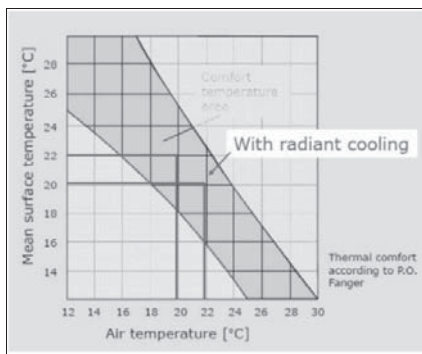


Рис. 7. Показники комфортності по температурі в системі «повітря/внутрішні огорожувальні конструкції»

На додаток до таких складових внутрішнього клімату будинку як «повітря» (температура, вологість, швидкість, хімічний склад) в приміщенні КЛЮЧОВИМ виявились саме температура поверхонь стін, підлоги та стелі.

В стандартних системах вентиляції теплообмінна поверхня виробу дуже не значна. В той же час поверхні приміщення на порядок-два більші.

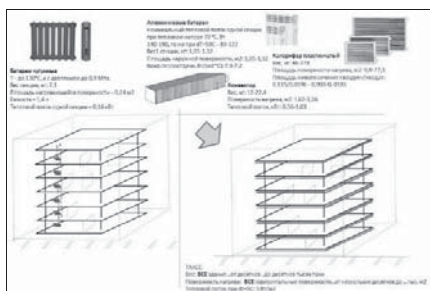


Рис. 8. Формування ТКП пасивного та активного /ТААБС/ типів

Як показала практика та розрахунки ТААБС технологія дозволяє шляхом контролю температури горизонтальних частин будинку (фундаментна плита, плити перекриття та покриття – відповідно: підлога та стеля приміщення) вирішити питання санітарно-гігієнічних показників приміщення найбільш оптимально. Це 21<sup>0</sup>C температура підлоги та 22<sup>0</sup>C – температура стелі.

Температура робочого тіла системи – води в контурах в плитах – 25-27<sup>0</sup>C в режимі опалення та 21-23<sup>0</sup>C в режимі охолодження. Вказаний режим

відносить дану систему забезпечення клімату до так званих низькотемпературних (опалення) та високотемпературних (охолодження).

Дослідження автора статті на протязі 5 років та побудовані 12<sup>2</sup> будинків за технологією ТААБС загальною площею біля 7 тис.м<sup>2</sup> дозволили стверджувати, що для середньо поверхових будинків (до 5-6 поверхів)<sup>3</sup> оптимальне за критерієм мінімуму ВЖЦ є показник **ТКП** на рівні **0,17-0,19** кВт/°С\*м<sup>2</sup> для індивідуальних будинків та **0,2-0,22**кВт/°С\*м<sup>2</sup> для багатоквартирних будинків.

Такі показники дозволяють реалізувати будинки на діючих, нормативних показниках термічного супротиву оболонки із природною припливною та примусовою витяжною вентиляцією при частці вікон – до 17-18% фасаду будинку за умови відсічення будинку від ґрунту через теплоізоляційний прошарок з термічним супротивом не менш 1,5.

Вказаний температурний режим та ТПК якнайбільш підходить до використання всіх без виключення джерел енергії як «класичних» так і ВДЕ.

Поточні результати для описаних вище будинків, реалізованих на теплових насосах з ґрунтовим зовнішнім контуром, дали наступні показники.

- встановлена потужність електропостачання розділу ОВО – 1 кВт е/е на **120** м<sup>2</sup> загальної площі житлових будинків та 1 кВт е/е на **150** м<sup>2</sup> загальної площі будинків з змінним режимом експлуатації (адміністративні, школи, дитячі садки, медичні заклади, тощо);

- експлуатаційні витрати е/е: **3,5** кВт\*год/м<sup>2</sup> на місяць в середньому за опалювальної період та **1,5** кВт\*год/м<sup>2</sup> на місяць в середньому в період охолодження.



Рис. 9. Фотографії деяких будинків, побудованих за технологією ТААБС

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Викладена концепція термо-кліматичного потенціалу будинків дозволила отримати практичний інструментарій проектування та будівництва енергоефективних будинків будь-якого типу за призначенням. Опрацювання математичної моделі розрахунку ТКП для різних типів будівель дозволить поширити даний підхід на інші, не розглянуті об'єкти забудови та вдосконалити моделювання та розрахунки.

<sup>2</sup> Котеджі індивідуальні 4 шт по 58 м<sup>2</sup>; багатоквартирні будинки 7 шт. від 200 до 700 м<sup>2</sup>, офісний будинок 1500 м<sup>2</sup>.

<sup>3</sup> що зумовлено певним співвідношенням площі забудови – поверхня, контактуюча з ґрунтом - до загальної площі поверхонь будинку, що контактують із зовнішнім середовищем - повітрям

## Література

1. *Фаренюк Г. Г.* Теплова надійність огорожувальних конструкцій та енергоефективність будинків при новому будівництві та реконструкції / *Г. Г. Фаренюк* // Дис... д-ра наук: 05.23.01. – 2010.
2. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬ Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні (EN ISO 13790:2008, IDT).
3. ДСТУ Б EN 15217:2013 Енергетична ефективність будівель. Методи представлення енергетичних характеристик та енергетичної сертифікації будівель (EN 15217:2007, IDT).
4. ДСТУ Б EN 15603:2013 Енергетична ефективність будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки (EN 15603:2008, IDT).
5. *Табунициков Ю. А.* Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / *Ю. А. Табунициков, М. М. Бродач* – М. : АВОК Пресс, 2002. – 193 с.
6. Methods for the assessment of human responses to contact with surfaces. Part 2: Human contact with surfaces at moderate temperature.
7. EN 15377-1:2008 Heating systems in buildings – Design of embedded water based surface heating and cooling systems – Part 1: Determination of the design heating and cooling capacity.
8. EN 15459:2007 Energy performance of buildings – Economic evaluation procedure for energy systems in buildings.
9. DIN EN 12831 Bbl 1:2008 Heating systems in buildings – Method for calculation of the design heat load – National Annex NA.

## ТЕРМО-КЛИМАТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ЗДАНИЯ

*В. М. Брунько*

В работе раскрыта концепция термо-климатического потенциала здания – интегрального показателя энергетической эффективности здания и его систем обеспечения климата, осуществляемого через контроль температуры горизонтальных несущих частей – фундаментной плиты и плит перекрытия и покрытия.

## THERMO-CLIMATIC POTENTIAL OF BUILDING

*Vladimir M. Brunko*

The article disclosed the concept of thermo-climatic potential of the building - an integral indicator of energy efficiency of the building and its systems to ensure climate, carried out by temperature control of the horizontal load-bearing parts - the foundation and the floor and covering slabs.

## ЕНЕРГЕТИЧНИЙ БАЛАНС УКРАЇНИ

*ДП «Науково-дослідний інститут будівельного виробництва», Україна*

***Пошук шляхів оптимізації енергоспоживання в Україні є актуальним та надзвичайно важливим напрямком розвитку країни. Вирішення проблем організації сталих і надійних шляхів забезпечення паливно-енергетичними ресурсами, зменшення залежності від імпорту енергоносіїв і їх ефективного використання.***

Відомо з міжнародної практики, що енергоресурси відіграють визначальну роль у розвитку світового суспільства в цілому, а також в окремих національних господарств. Україна, як більшість країн світу, не є винятком. Отже, надзвичайно актуальною проблемою на сьогодні є планування енергопостачання та використання енергоресурсів. Сучасний розвиток українського ринку енергоресурсів має деякі недоліки. Серед основних треба визначити обмеженість у власних розвіданих ресурсах нафти, природного газу та ядерному паливі власного виробництва; використання більшої частини потужностей власних гідроресурсів; відсутність диверсифікації джерел постачання енергетичних продуктів; незадовільний технічний стан частини енергетичних об'єктів, у тому числі систем транспортування енергетичних продуктів; високе техногенне навантаження на довкілля.

Енергетична політика в державі має один з основних напрямів - формування енергетичного балансу, тобто систему показників, яка характеризує існуючі паливно-енергетичні ресурси та їх використання. Наша країна є однією з найбільш енергоємних країн світу, і це збільшує ризики, що постають перед її економікою та національною безпекою.

Енергетичний баланс України складається з двох джерел, а саме: власний видобуток та імпорт енергоносіїв в. Україна є енергодефіцитною країною, яка на сьогодні лише на третину задовольняє свої потреби в паливо - енергетичному руслі. Прискорення динаміки економічних і політичних процесів спонукає говорити про необхідність досягнення низки показників, запланованих „Енергетичною стратегією” на 2030 р., уже протягом найближчих 3-4 років. Зокрема, до них належать зменшення імпорту природного газу на 20-30 млрд м<sup>3</sup> і скорочення рівня енергетичної залежності до 12,4 %.

---

<sup>\*</sup> зав. відділу економіки, управління та організації будівництва ДП «НДІБВ»

<sup>\*\*</sup> зав. відділу енергозбереження та термомодернізації у будівництві ДП «НДІБВ»

<sup>\*\*\*</sup> зав. сектору дослідження вартості будівництва, нормування та розробки кошторисів ДП «НДІБВ», м. Київ

Частка виробництва вугілля в енергетичному балансі України складає близько 36%, природного газу – 34% (при цьому тільки 41% запасів газу видобувалося у 2013 році з власних джерел) та атомна енергія (19%). Інші джерела мають у структурі постачання невелику частку. Україна забезпечена запасами вугілля на кілька сотень років, тому він залишається головним енергоносієм країни. Запаси ж інших енергоресурсів у нашій країні обмежені.

У споживанні головним джерелом залишається природний газ (36%), електрична та теплова енергія (по 17% відповідно), нафта та нафтопродукти близько (16%). Великою залишається частка природного газу в енергобалансі України (33%), що свідчить про залежність від імпорту газу, оскільки своїх значних запасів газу країна не має.

Енергетичний баланс України не відповідає наявним запасам енергоносіїв в Україні. Так, в енергобалансі головне місце серед паливно-енергетичних ресурсів займає газ, хоча країна має запаси вугілля. Через вичерпність основних видів енергії та їх неекологічність «світ дивиться в бік *альтернативних джерел енергії*» [34]. Ми можемо встановлювати вітряки, використовувати сонячні батареї, переробляти вторинні ресурси та інше. Нам необхідно сформувати новий світогляд населення щодо енергозбереження й використання енергоресурсів. Від так перспективи поліпшення становища - це :

1. Встановлення дієвого обліку і контролю за використанням енергоресурсів.

2. Термомодернізація будинків та споруд.

3. Стимулювання енергоощадливості.

4. Створення правових засад енергозбереження. Удосконалення правового забезпечення і механізмів, що дозволяють забезпечувати належне централізоване та децентралізоване фінансування заходів з енергозбереження в Україні.

5. Впровадження та заохочення заходів щодо економії енергоресурсів у промисловості.

Зниження рівня енергетичної залежності в першу чергу залежить від заходів зі зменшення частки загального імпорту енергетичних ресурсів, яке повинне здійснюватися як за рахунок збільшення рівня та ефективності власного виробництва, так і за рахунок підвищення енергоефективності країни.

Досвід країн ЄС показує, що рівень енергетичної залежності можна зменшити шляхом:

- збільшення видобутку і споживання власних енергетичних ресурсів; підвищення ефективності виробництва, транспортування та споживання ресурсів;
- диверсифікації постачальників енергоносіїв;
- диверсифікації видів споживаних ресурсів.

Всі ці напрямки зниження енергетичної залежності безпосередньо пов'язані з процесом формування енергетичного балансу, тому визначення оптимальних енергетичних ресурсів повинне здійснюватися з урахуванням зниження енергетичної залежності країни.

Серед основних принципів побудови енергетичного балансу, який останнім часом впроваджується в розвинених країнах світу, є уникнення залежності від одного виду енергоресурсу, що дозволяє знизити ризики в енергопостачанні і сприяє зменшенню енергетичної залежності тільки від одного енергоносія. Враховуючи наявний ресурсний потенціал, кожна країна в першу чергу визначає пріоритети власного видобутку певних енергетичних ресурсів і на підставі цих пріоритетів розробляє власний енергетичний баланс. Енергетична безпека країни залежить від внутрішніх джерел, балансу експорту/імпорту енергії, структури надходження і споживання, геополітичної й внутрішньої стабільності.

Одним з найважливіших шляхів, на який необхідно спроектувати розвиток економіки України, є енергозбереження. Енергоефективність та енергозбереження – пріоритетні напрямки енергетичної політики більшості країн світу.

Водночас Україна володіє величезним потенціалом нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії, економічний базис яких приблизно дорівнює 100 млн. т. у.п., хоча частка їх використання в енергетичному балансі країни наразі є низькою і становить близько 6%.

Проблема полягає у відсутності механізму економічної мотивації до використання енергозберігальних технологій та економії енергетичних ресурсів, залучення інноваційних та інвестиційних коштів у сферу енергозбереження та використання нетрадиційних джерел енергії.

Потенціал вітрової енергії на території України оцінюється в 20-30 млн. т. у.п. (тонн умовного палива), сонячна енергія, яка надходить на територію країни, оцінюється в 400 млн.т у.п. Гідроенергія малих річок України оцінюється в 12,5 млрд. КВт/год, і потужність малих і мікроГЕС може

досягти 600 МВт, що забезпечить економію понад 47 млн.т у.п. Геотермальна енергія надр України оцінюється в 50 млн.т у.п. До альтернативного газового палива можуть бути віднесені також гази, видобуті з малих газових, газоконденсатних, нафтогазоконденсатних покладів, прогнозні запаси яких становлять 30,9 млрд м<sup>3</sup>

Для істотного збільшення в енергобалансі України обсягів енергетичних ресурсів з нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії необхідно створювати об'єкти альтернативної енергетики за найперспективнішими технологічними напрямками, а саме:

- впровадження новаторських конструкцій вітроагрегатів для мережної та автономної вітроенергетики, пристосованих для найпоширеніших вітрових умов України;
- розширення сфери та збільшення обсягів використання сонячної та геотермальної енергії для виробництва електроенергії і тепlopостачання;
- використання гідроенергії малих річок шляхом відновлення зруйнованих і будівництва нових малих ГЕС, а також утилізації енергії технічних систем водопостачання;
- впровадження комбінованих когенераційних енергетичних систем в комплексі з системами акумулювання енергії ;

- будівництво біогазових комплексів для отримання біогазу з осаду каналізаційних стоків міст і відходів сільського та лісового господарства, харчової промисловості, а також створення умов для розвитку в Україні енергетичних плантацій на базі швидкозростаючих рослин і технологій переробки біомаси в енергоносії ;
- створення мережі підприємств з переробки побутового сміття з метою його знищення і отримання електричної та теплової енергії .

Україну в наступні роки чекає корінна реконструкція промисловості, енергетики, комунального господарства, бюджетної та житлової сфер, насамперед у частині заощадження енергії . На даний момент країна знаходиться на самому початку цього шляху, а потенціал ринку енергозбереження України вимірюється щорічно багатьма мільярдами гривень протягом найближчих 30 років.

За даними Інституту загальної енергетики НАН України потенціал енергозбереження країни оцінюється на рівні 42-48%. Основна економія ПЕР може бути досягнута за розрахунками експертів в промисловості – 38%, в комунально-промисловій сфері – майже 30% і безпосередньо в паливно-енергетичному секторі – 17%. Виходячи з цього, можна абсолютно впевнено сказати, що пріоритетними для України у подальші роки будуть питання енергозбереження та економного використання природних ресурсів.

За 9 місяців Україна скоротила споживання газу на 14%. Втім, заслуга уряду або населення в цьому невелика – Україна стала менше споживати газу не завдяки сучасним технологіям, а через обвал промвиробництва і зупинки багатьох підприємств у Східних регіонах внаслідок бойових дій.

Один із найбільш узагальнювальних показників ефективності для економіки кожної країни є енергоємність валового внутрішнього продукту (ВВП) – обсяг споживання енергоресурсів для задоволення енергетичних виробничих і невиробничих потреб країни на одиницю ВВП. Цей показник в Україні в тридцять п'ять разів вищий, ніж у розвинутих країнах, що об'єктивно обмежує конкурентоздатність виробництва і добробуту населення.

Якщо за умови усунення дисбалансу у використанні та виробництві природних ресурсів запуститься збалансована діяльність паливно-енергетичного комплексу України, то наявні запаси газу дозволяють забезпечити за рахунок власного видобутку майже 70 % від потреб, вугілля – понад 100 %, а нафти – лише 15 %, що пояснюється передбаченим значним збільшенням частки споживання нафти у загальному ПЕБ країни та досить обмеженими запасами для нарощування власного видобутку.

Найбільшими споживачами енергоресурсів серед галузей промисловості України є металургія, видобувна промисловість, виробництво неметалевих мінеральних виробів та хімічне виробництво. Енергоємність у цих галузях значно перевищує відповідну енергоємність в ЄС.

Друге місце за рівнем енергоспоживання займає сектор житлово-комунального господарства.



Низький рівень енергоефективності в цьому секторі є наслідком відсутності приладів обліку споживання енергоресурсів, неефективної тарифної політики і відсутності реальних заходів щодо його реформування.

Найбільш енергоефективними в даному секторі визнані Вінницька, Кіровоградська і Херсонська області (енергоефективність відповідно 87%, 83% і 81%). Найменш енергоефективними – Харківська та Київська області (енергоефективність відповідно 48% і 51%). Потенціал енергозбереження в даному секторі експерти проекту оцінили в 3,6 млрд. євро. (8 млн. тонн у нафтовому еквіваленті, або 10 млрд. куб м. природного газу).

Виконання вказаних заходів з удосконалення енергозабезпечення сприятиме створенню умов сталого розвитку економіки України, підвищить ефективності використання енергоресурсів, стимулює вищий рівень економічної безпеки України та сприятиме усуненню дисбалансу паливно-енергетичного комплексу України.

**Висновки.** Україна має потужний енергетичний потенціал, який повинен стати стратегічним орієнтиром розвитку економіки країни для зменшення енергетичної залежності та забезпечення національних інтересів. Розвиток та оптимальне функціонування паливно-енергетичного комплексу (ПЕК) нашої держави є одним з найголовніших факторів забезпечення життєздатності її економіки, задоволення соціальних потреб населення.

## Література

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року (Схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mre.kmu.gov.ua/>.
2. Енергоефективність в муніципальному секторі. Навчальний посібник для посадових осіб місцевого самоврядування / А. Максимов, І. Вахович, Т. Гутніченко, П. Бабічева, Н. Вакуленко, Н. Ігольнікова, Т. Цифра, О. Молодід, О. Молодід, О. Беленкова, Ю. Ячменьова, Ю. Дорошук, А. Скрипник, А. Ваколюк, В. Бойко, М. Сегедій, Д. Вахович / Асоціація міст України. – К., ТОВ «ПІДПРИЄМСТВО «ВІ ЕН ЕЙ», 2015. – 184 с.
3. Orloff J. The Most Common Alternative Energy Sources / J. Orloff // Aboutmoney. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://saveenergy.about.com/od/alternativeenergysources/a/alternenergysource.htm>.
4. Перспективи альтернативної енергетики в Україні / Z-Украина, 2012. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zet.in.ua/zakonoprojekt/energetika/perspektivi-alternativno%D1%97-energetiki-v-ukra%D1%97ni/>
5. Від безпеки національної енергетичної компанії до енергетичної безпеки держави. – К., НІПМБ. – 2004. – С. 31.

## **ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС УКРАИНЫ**

*Вахович И. В., Максимов А. С.,*

*Ячменёва Ю. В.*

Поиск путей оптимизации энергопотребления в Украине является актуальным и чрезвычайно важным направлением развития страны. Решение проблем организации постоянных и надежных путей обеспечения топливно-энергетическими ресурсами, уменьшения зависимости от импорта энергоносителей и их эффективного использования.

## **ENERGY BALANCE UKRAINE**

*I. Vahovich, A. Maksimov,*

*Y. Iachmenova*

Finding ways to optimize energy consumption in Ukraine is extremely urgent and important area of development. Solving problems of sustainable and reliable ways to ensure fuel and energy resources, reduce dependence on energy imports and their effective use.

## НАТРІЄВІ ЛАМПИ ВИСОКОГО ТИСКУ З ДОБАВКАМИ ЦЕЗІЮ ДЛЯ СВІТЛОКУЛЬТУРИ РОСЛИН

<sup>1</sup>Полтавська державна аграрна академія,

<sup>2</sup>Національний технічний університет імені Ю. Кондратюка, Україна

*Приведені результати досліджень натрієвих ламп високого тиску з добавками цезію у порівнянні з іншими джерелами світла.*

**Постановка проблеми, її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями.** Натрієві лампи високого тиску (НЛВТ) є одні з найефективніших джерел світла. НЛВТ мають найвищу світлову віддачу, що досягає 100-150 лм/Вт, термін служби, який становить близько 20 і більше тисяч годин при слабкому спаді світлового потоку (20-25% до кінця терміну служби), що робить їхнє застосування досить виправданим [1]. К.к.д. для цих ламп у діапазоні ФАР досягає 25-29%. Лампи мають високу стабільність. Спектр випромінювання НЛВТ містить досить розширені лінії натрію. 70% видимого випромінювання цих ламп зосереджене в жовтогогарячій та жовтій ділянках спектру. В спектрі суттєво не вистачає синього та червоного випромінювання, що є головним недоліком цих ламп.

Поліпшення спектрального складу випромінювання НЛВТ дозволить значно розширити сферу їх використання. Експерименти засвідчили, що введення в розрядну трубку (РТ) додаткових елементів призводить до зміни фізичних та хімічних процесів в амальгамі, розряді та електродах. Труднощі вибору добавок у НЛВТ зумовлені порівняно низькою температурою розряду (температура на осі близько 4200К) та низькими потенціалами збудження резонансних ліній натрію. До того ж при робочих температурах амальгами в НЛВТ тиск пари більшості елементів значно нижчий [2], ніж у натрію і ртуті. Введення добавок в Na-Hg розряд може призвести до зміни, температурного профілю розряду, парціальних тисків пари компонентів, балансу енергії позитивного стовпа розряду і електродів, електричних і світлотехнічних параметрів лампи.

Невеликі добавки лужних металів (K, Rb, Cs) [3,4] призводять до значних змін у спектрі лампи: з'являються лінії добавок у червоній ділянці спектру, збільшуються безперервний фон і ширина самообертання резонансних ліній натрію. НЛВТ із лужними добавками [4] можна використовувати замість ртутних ламп високого тиску (РЛВТ), тому що приблизно рівні світлові потоки досягаються при зниженій потужності ламп із лужними добавками, в порівнянні з РЛВТ; при цьому НЛВТ повинні працювати в режимі ненасиченого пару, що викликає значні сумніви, оскільки склад амальгами в звичайних НЛВТ змінюється досить відчутно через відхід натрію [5].

У роботі [5] було проведено експериментально-розрахункове визначення термодинамічних властивостей систем натрій-цезій-ртуть, на основі яких

розраховано активність компонентів амальгами, що дає змогу оцінювати тиск пари компонентів над амальгамою натрій-цезій-ртуть. Однак експериментальні коефіцієнти для наступного розрахунку термодинамічних даних було отримано лише для діапазону температур амальгами 500-780K мольна частка натрію ( $X_{Na}=0,1\pm 0,8$ ) і трьох променевих розрізів концентраційного трикутника з постійним співвідношенням цезію і ртуті, що не дозволяє оцінювати тиск пари компонентів над амальгамою в працюючій лампі при температурах 900-1000K і різних складах амальгами.

**Метою** даної роботи є дослідження складу амальгам натрій-цезій-ртуть для НЛВТ з метою отримання іншого спектрального складу випромінювання, що значно розшире сферу використання ламп.

**Методика експерименту.** У даній роботі досліджені потрібні сплави системи натрій-цезій-ртуть для ізоконцентратів з постійним вмістом ртуті 0,2 м.д. Зразки для виміру готувалися безпосереднім змішуванням компонентів у піриксових ампулах у боксі, в атмосфері очищеного і осушеного аргону. Після заповнення металами ампули вакуумувалися і запаювалися. Сплави гомогенізували в осередках, у печі при температурах вищих температури плавлення натрію.

Дослідження світлових і спектральних характеристик проводили з натрієвими лампами потужністю 400 Вт, що мають наступні геометричні розміри розрядної трубки:  $d_{внутр.}=7\text{мм}$ ,  $d_{нар.}=9\text{мм}$ ,  $l_{труб.}=11,3\text{мм}$ ,

Розрядна трубка виконана з полікристалічного окису алюмінію. Амальгами системи натрій-цезій-ртуть готувалися прямою сплавкою компонентів у боксі з інертною атмосферою, а потім використовувалися для заповнення під вакуумом тонкої ніобієвої трубки. Зразки амальгами захищені від окислення. Дозування амальгами здійснюється через ніобієвий штенгель розрядної трубки безпосередньо перед відкачкою трубки. Надалі лампа проходила весь технологічний цикл виготовлення. Готові лампи піддавалися тренуванню й іспитам.

Вимір світлової віддачі експериментальних зразків проводився у світломірній кулі діаметром 1,5 м. Приймач селеновий фотоелемент із корегуючим і нейтральними фільтрами. Еталон – натрієва лампа високого тиску. Для запису спектральних характеристик використовувався спектрофотометр ИСП-51.

**Обговорення матеріалів досліджень.** У результаті дослідження фізико-хімічних властивостей системи Na-Cs-Hg обрано найефективніший склад амальгам. Установлено, що тиск парів компонентів є визначальним параметром для світлових і спектральних характеристик розрядних ламп високого тиску в інтервалі температур від 250 до 530°C при постійному вмісті в сплавах ртуті і співвідношенні в сплавах натрію і цезію 4:1. Розраховано тиски насичених парів для різних температур і зіставлені з тисками парів у бінарній системі Na-Hg (рис. 1).

Обрано склад амальгами розрядної трубки, в якій співвідношення концентрацій натрію і ртуті близьке до відповідного співвідношення у стандартній натрієвій лампі, а добавки цезію змінюються в межах від 5 до

10ат.%. Виготовлено лампи ДНаТ400 з добавками Na-Cs-Hg, а також проведено їх промислові випробування (табл. 1).

Таблиця 1

Світлові й електричні характеристики ламп ДНаТ400,  
заповнених сплавами системи Na-Cs-Hg

№	Na		Cs		Hg		Um,В	Uл., В	Іл.,	Рл., Вт	Ф, лм	H, лм/Вт
	Ваг.	Ат.	Ваг.	Ат.	Ваг.	Ат.						
	%											
1	8,6	77	6,4	3	64,9	20	220	120	4,8	380	23940	63
2	28,9	75	10,4	5	62,7	20	220	120	4,9	380	26220	69
3	25,4	73	14,6	7	62,8	20	220	123	5,1	380	24320	64
4	23,1	70	19,1	10	61,0	20	220	124	5,2	380	22800	60

На рис. 2 наведено залежність характеристик потоку випромінювання пальника ламп із міжелектродною відстанню 8,5 см та різними добавками від питомої потужності ( $P_1$ ). Результати досліджень свідчать, що енергетичний потік випромінювання ( $\Phi_e$ ) у лампах з добавкою Cs(5%) вищий, ніж у лампах з добавками Cs(5%)-K(1%). Світлова ефективність ( $\eta$ ) при збільшенні питомої потужності ( $P_1$ ) ламп зростає, причому для натрій – ртутних ламп при  $P_1$  (25-60 Вт/см)  $\eta$  є вищою, ніж для ламп із добавками Cs, K, Rb, а при  $P_1$ , більший 60÷65Вт/см,  $\eta$  вища для ламп із наповненням Na-Cs-Hg та Na-Cs-K-Hg і складає  $29 \pm 2\%$ .

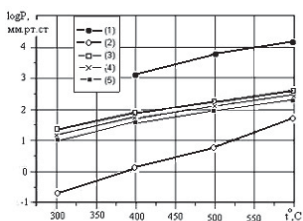


Рис. 1. Залежність тиску парів (P) від температури (t) для сплавів із різним вмістом компонентів 1 – Hg; 2 – (Na-78ат.%, Hg-22ат.%) ; 3 – (Na-30 ат.%, Cs-50 ат.%, Hg-20ат.%) ; 4 – (Na-50 ат.%, Cs-30ат.%, Hg-20 ат.%) ; 5 – ( Na-60 ат.%, Cs-20ат.%, Hg-20 ат.%)

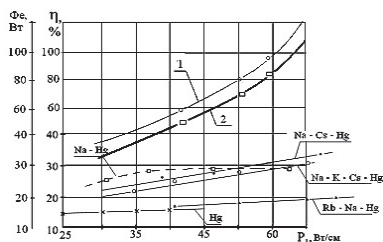


Рис. 2. Залежність енергетичного потоку випромінювання ( $\Phi_e$ ) з різними добавками (1–Cs(5%); 2–K(1%), Cs(5%)) та світлової ефективності ( $\eta$ ) ламп із різним наповненням (□ – Na-Hg, о – Na-K-Cs-Hg, ● – Na-Cs-Hg, × – Hg, ▲ – Rb-Na-Hg) від питомої потужності ламп ( $P_1$ )

Встановлено, що зі збільшенням  $P_1$  і температури холодної зони ( $t_{хз}$ ) зростання  $\Phi_e$  випромінювання відбувається переважно за рахунок зростання його червоної та інфрачервоної ділянок. Для світлокультури рослин при  $P_1 > 58 \div 60$  Вт/см ефективнішими є натрієві лампи високого тиску з добавками цезію.

Досліджено спектральний склад випромінювання ламп зі складом амальгами натрію і добавками цезію (Hg-20%, Na-75%, Cs-5%). Спектральний склад випромінювання має меншу, ніж стандартні натрієві лампи високого тиску, інтенсивність випромінювання в ділянці 500-600 нм і значно більшу в червоній (600-700 нм) та ближній інфрачервоній ділянках (рис. 3).

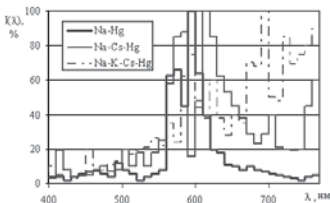


Рис. 3. Розподіл відносної спектральної енергії випромінювання ламп з різним наповненням: Na-Hg, Na-Cs-Hg, Na-K-Cs-Hg

Для оцінки якісних показників рослин, що було вирощено при опроміненні лампами з добавками цезію з визначеними світлотехнічними параметрами виконано аналіз вмісту пігментів в листках рослин томату, огірка та гороху. Результати представлено графічно на рис. 3 в порівнянні зі стандартними натрієвими лампами.

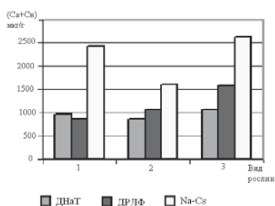


Рис. 4. Вміст пігментів у листках рослин томата, огірка та гороху при освітленні розрядними лампами високого тиску:

1–томат сорту «Де Барао»; 2–огірок «Фенікс»; 3–горох «Мадонна»

Сумарний вміст хлорофілу та співвідношення суми хлорофілу до каротиноїдів у рослинах томату, огірка і гороху при опроміненні натрієвою лампою високого тиску з добавками цезію є вищими, ніж при опроміненні ДРЛФ400 і ДНТ400.

**Висновки** На основі проведених досліджень встановлено оптимальні параметри ламп, які можна використовувати для світлокультури рослин: зовнішній діаметр розрядної трубки з полікристалічного окису алюмінію – 8,9 мм, міжелектродна відстань – 85мм, склад амальгами натрію з добавками цезію (Hg-20%, Na-75%, Cs-5%), з Хе при холодному тиску 20мм.рт.ст., в інтервалах питомих потужностей розрядного стовпа 55-65 Вт/см і к.к.д. ФАР 29-32%. Проведене фізико-хімічне дослідження властивостей потрібної системи натрій-цезій-ртуть дозволило встановити температури плавлення амальгам, розрахувати і вимірити тиск пар компонентів. Показано, що тиск пари ртуті і

натрію підвищуються в порівнянні з бінарною системою натрій-ртуть, що сприятливо впливає на спектральні характеристики натрієвих ламп високого тиску. Температури плавлення досліджених амальгам не перевищують 102°C, тому амальгами можуть дозуватися в розрядну трубку в рідкому стані.

На підставі даних про абсолютну ефективність випромінювання розряду бінарної системи натрій-ртуть і даних про фізико-хімічні властивості потрібної системи обрані оптимальні склади амальгам, у яких співвідношення концентрацій натрію і ртуті близько до стандартної натрієвої лампи, а добавки цезію змінюються в межах (5-10 ат. %, 6,6-13,6 ваг. %).

Спектральні характеристики ламп із досліджуваною амальгамою вказують на збільшення потужності випромінювання в червоній ділянці спектра, що дає можливість використовувати їх в умовах тепличного господарства.

### **Література**

1. *Рохлин Г. Н.* Работа натриевых ламп высокого давления в пульсирующем режиме / *Г. Н. Рохлин* // Светотехника. – 2001. – №3. – С. 2–8.
2. *Уеймаус Д.* Газоразрядные лампы / *Д. Уеймаус* // М.: Энергия, 1977. – 343 с.
3. Пат. №51-39473 (Япония). Натриевая лампа / *Кавасима Кодзо*. Заявл. 30.11.71. №45-96456; опубл. 28.10.76. МКИ НОІ J 61/22.
4. Заявка №60-107256 (Япония). Натриевая лампа высокого давления / *К. Харуо, Т. Ясабуро, Х. Ясуо*. Заявл. 15.11.83, №58-215216; опубл. 12.06.85 МКИ НОІ J 61/56.
5. *Дергачева М. Б.* Термодинамические свойства жидких сплавов системы натрий-цезий-ртуть / *М. Б. Дергачева, Г. Р. Хобдабергенова* // Ж. физ.-хим. – 1988. – Т.62, №3. – С. 594–599.

### **НАТРИЕВЫЕ ЛАМПЫ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ С ДОБАВКАМИ ЦЕЗИЯ ДЛЯ СВЕТОКУЛЬТУРЫ РАСТЕНИЙ**

*Велит И. А., Гузик Д. В.*

Приведены результаты исследований натриевых ламп высокого давления с добавками цезия по сравнению с другими источниками света

### **HIGH PRESSURE SODIUM LAMP WITH THE ADDITION OF CESIUM FOR PLANT SUPPLEMENTARY ILLUMINATION**

*I. Velit, D. Guzik*

The paper presents the results of experimental investigation of a radiation effect of sodium lamps high-pressure with the additives of cesium under comparison with other light sources

## МИКРОКЛИМАТ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ЖИЛОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ И ИХ РЕГУЛИРОВАНИЕ

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Украина*

*В работе проанализированы микроклимат и энергоэффективность различных систем жилой городской застройки (квартальной, строчной, периметральной замкнутой и полузамкнутой) и рассмотрена возможность их регулирования архитектурно-планировочными методами: путем изменения размера двора и ориентации его раскрытия в направлении благоприятных и опасных ветров города.*

**Постановка проблемы.** На современном этапе развития архитектуры и градостроительства планировочная структура жилой городской застройки должна иметь высокую степень комфортности микроклимата и энергоэффективности. Это предполагает разработку такой схемы застройки, на территории которой формируется благоприятный микроклимат без интенсивных сквозняков и переохлаждения зимой, с хорошей аэрацией и без перегрева летом, способствующий уменьшению теплопотерь и теплопоступлений. Для эффективного решения поставленной задачи архитектор должен знать основные особенности формирования микроклимата и энергоэффективности в существующих системах застройки и уметь их регулировать архитектурно-планировочными методами, что делает изучение этих вопросов важным направлением научных исследований в современной энергосберегающей архитектуре и градостроительстве.

**Анализ основных исследований и публикаций.** В планировке и застройке городов используются преимущественно следующие системы жилой застройки [2 – 6]: квартальная замкнутая, строчная открытая, периметральная замкнутая и полузамкнутая. Квартальная замкнутая низкоэтажная (до 3-4х этажей) жилая застройка получила название с городской квартал», использовалась при строительстве исторических центров европейских городов и при их восстановлении после войны практически до конца 50-х годов XX столетия. На смену ей в 60-е годы пришла строчная свободная открытая жилая застройка 5-ти этажными панельными зданиями, которую в конце XX столетия сменила высотная 9-ти и более этажная периметральная замкнутая и полузамкнутая жилая застройка.

Все эти системы жилой городской застройки существенно отличаются между собой степенью комфортности создаваемого на их территории микроклимата и энергоэффективностью градостроительных решений, особенности которых до настоящего времени остаются мало исследованными и практически не представлены в литературных источниках.

**Формулирование целей и задач статьи.** Учитывая выше сказанное, была поставлена цель рассмотреть особенности основных систем жилой



городской застройки, проанализировать создаваемый на их территориях микроклимат и степень энергоэффективности градостроительных решений, рассмотреть возможность их регулирования архитектурно-планировочными методами. Для решения поставленной цели были сформулированы задачи работы: на примере анализа некоторых схем жилой застройки г. Одесса, выполненных в различные временные периоды и в разных системах жилой городской застройки, проанализировать особенности их микроклимата и энергоэффективности, рассмотреть возможность их регулирования путем изменения размера двора и его раскрытия в направлении благоприятных и опасных ветров города. Рассмотрению полученных результатов исследования этих вопросов посвящена данная статья.

**Основная часть.** На примерах различных систем жилой городской застройки г. Одесса, выполненных в различных временных периодах и приведенных ниже на рис. 1–4 [7], проанализируем основные характерные особенности их микроклимата и степени энергоэффективности.

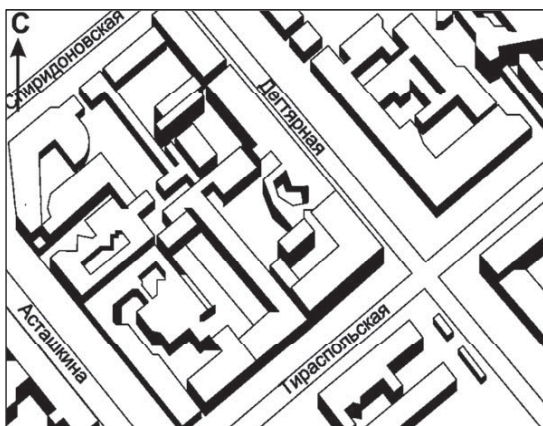


Рис. 1. Квартальная замкнутая застройка центра г. Одесса, низкоэтажная (3–4 этажа), конец XIX столетия.

**Квартальная замкнутая**  
**жилая застройка** (рис. 1) – образует замкнутые дворы, с хорошей защитой от опасных зимних ветров и хорошей аэрацией летними благоприятными ветрами (при соразмерности высоты зданий и размеров двора); на территории такой застройки комфортный микроклимат без интенсивных сквозняков и переохлаждения зимой, с хорошей аэрацией и без перегрева летом, что приводит к уменьшению теплопотерь и теплопоступлений в зданиях

квартальной застройки и свидетельствует о высокой энергоэффективности её решений.

**Строчная открытая**  
**жилая застройка** (рис. 2) – полностью свободная открытая со всех сторон (в том числе со стороны опасных зимних ветров) застройка 5-ти этажными панельными жилыми зданиями с большими разрывами между ними. Эта застройка была внедрена в СССР (в том числе и в УССР) в 60-е годы XX столетия, когда началось интенсивное освоение новых городских территорий и были утверждены (1960 г.) «Краткие указания по планированию и застройке жилых микрорайонов на новых территориях в городах УССР», предусматривающие [8]: использование приема свободной системы застройки; расположение жилых домов с разрывами между ними, с

жесткой рекомендацией раскрытия территории дворов только в одном направлении: на юго-восток – во II климатическом районе (напр. Киев, Житомир, Харьков, Львов, Сумы, Полтава, Винница, Чернигов и др.) и на северо-восток – в III климатическом районе (напр. Одесса, Николаев, Херсон, Луганск, Донецк, Днепропетровск, Запорожье и др.).

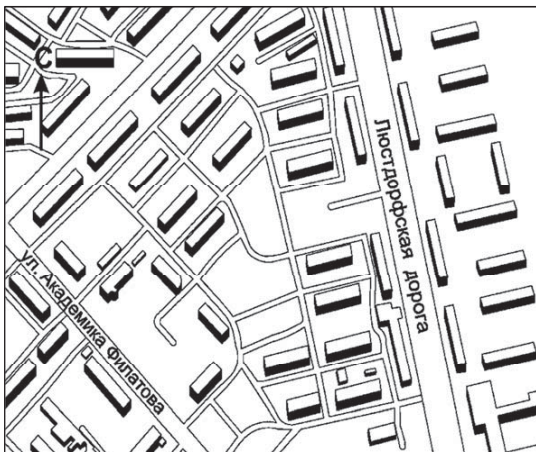


Рис. 2. Строчная открытая 5-ти этажная застройка ЮЗМ г.Одесса, 60-е годы XX столетия.

Новыми нормативными требованиям и ставилась задача улучшить освещение, аэрацию, инсоляцию жилых комнат, но не учитывались особенности ветрового режима городов зимой и летом. Это часто приводило к ухудшению микроклимата в застройке, если одно рекомендуемое направление для её раскрытия не совпадало с летними благоприятными ветрами, которыми проветривают территорию, а совпадало с опасными зимними, от которых её необходимо защитить; это

имеет место для застройки на рис. 2, раскрытой по нормам на северо-восток, но это направление самого опасного зимнего ветра и самого слабого летнего ветра в г. Одесса. В условиях умеренного климата Украины, характеризующегося холодной зимой с интенсивными ветрами на всей своей территории и комфортно-теплым летом практически на половине территории, такое решение было ошибочным и зачастую приводило к созданию дискомфортного микроклимата зимой и летом: зимой из-за отсутствия ветрозащиты зданиями усиливались сквозняки, переохлаждение и теплопотери, а летом из-за отсутствия затенения зданиями (особенно в южных регионах) усиливался перегрев территории застройки и инсолируемых фасадов, увеличивая теплоступления. Ситуация усугублялась использованием 5-ти этажных панельных зданий с очень низкими теплозащитными свойствами ограждающих конструкций. Результаты анализа показывают, что утверждение градостроительных норм 1960 г. [8] существенно изменило систему жилой городской застройки, способствовало ухудшению её микроклимата и резко снизило энергоэффективность градостроительных решений жилой застройки городов Украины.

**Периметральная высотная жилая застройка** – пришла на смену строчной свободной застройке в конце XX столетия, может быть *замкнутой* и *полузамкнутой*, что можно видеть из примера на рис. 3 для г. Одесса:

**Замкнутая периметральная застройка** (1, 3) – образует дворы с небольшим (**менее Нзд**) раскрытием; размеры которых обычно больше, чем у квартальной застройки, т.к. больше высота её зданий.

**Полузамкнутая периметральная застройка** (2, 4, 5)– образует дворы, с большим раскрытием(**более 1,5Нзд**) в том или ином направлении.

Изменяя архитектурно-планировочные решения двора, т.е.«вытягивая» его или раскрывая в определенном направлении, *можно существенно влиять на микроклимат в застройке и регулировать её энергоэффективность:*

- увеличивая размер двора (или ширину его раскрытия) в направлении благоприятных летних ветров **более 2Нзд** и уменьшая в направлении опасных зимних ветров **менее 1,5 Нзд**, *можно обеспечить комфортный микроклимат* на территории застройки зимой и летом с хорошей аэрацией, без сквозняков и перегрева, с высокой степенью энергоэффективности градостроительных решений такой застройки;

- уменьшая размер двора (или ширину его раскрытия) в направлении благоприятных летних ветров **менее 1,5 Нзд** и увеличивая его в направлении опасных зимних ветров **более 2 Нзд**, *можно создать дискомфортный микроклимат* на территории застройки с интенсивными сквозняками и переохлаждением зимой, с плохой аэрацией и перегревом летом, свидетельствующих о низкой степени энергоэффективности градостроительных решений такой застройки.

Возможность регулирования микроклимата и энергоэффективности

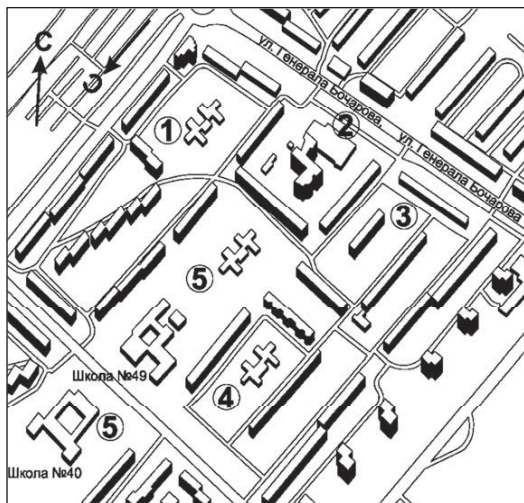


Рис. 3. Периметральная высотная застройка замкнутая (дворы 1, 3) и полузамкнутая (дворы 2, 4, 5), ЮЗМ ул. Генерала Бочарова г.Одесса, начало ХХІ столетия, с разной ориентацией направления стрелки С.

периметральной застройки путем изменения архитектурно-планировочных решений её двора проанализирована на примерах схем застройки г. Одесса, представленных на рис. 3. Город расположен в ШБ2 климатической зоне [1], характеризуется умеренно-теплым климатом и ветровым режимом по направлениям[2]: С (север) – господствующий зимой и летом, хорошо проветривает территорию летом, приближается к опасному зимой, необходимо озеленение; СВ (северо-восток) – интенсивный опасный господствующий зимой, необходима ветрозащита застройкой;

слабый практически отсутствует летом; **В** (восток) – приближается к господствующему, самый интенсивный и опасный зимой, необходима ветрозащита застройкой; слабый практически отсутствует летом; **ЮВ** (юго-восток) – практически отсутствует зимой и летом; **Ю** (юг) – самый благоприятный летний ветер для аэрации территории, зимой практически отсутствует и не опасен; **З** (запад) и **СЗ** (северо-запад) – с хорошей повторяемостью, но слабые по скорости; **ЮЗ** (юго-запад) – зимой приближается к господствующему, не опасен, летом – слабый практически отсутствует. Город Одесса лучше всего проветривается ветрами направления **Ю** или **С-Ю**; самые опасные для аэрации города ветры направлений **СВ** или **СВ-ЮЗ** и **В** или **В-З**.

С учетом ветровых нагрузок г. Одесса микроклимат и энергоэффективность схем на рис. 3, можно охарактеризовать следующим образом:

**I вариант – Рис. 3 стрелка С вверх** – существующая периметральная замкнутая (1, 3) и полузамкнутая (2, 4, 5) застройка г. Одесса по ул. Генерала Бочарова;

- практически все дворы «вытянуты» в направлении **СВ-ЮЗ**, размер двора в этом направлении **более 2Нзд**, что способствует созданию *дискомфортного микроклимата на территории застройки* с интенсивными сквозняками, переохлаждением и большими теплопотерями зимой, с плохой аэрацией, перегревом и большими теплопоступлениями в зданиях летом – низкая степень энергоэффективности градостроительных решений;

- **двор 2** – полностью открыт на **СВ** и **В** с большим размером раскрытия в этом направлении **более 2Нзд**, что усиливает сквозняки и переохлаждение, резко ухудшает микроклимата на территории застройки, приводит к самым большим теплопотерям и самой низкой степени энергоэффективности градостроительных решений из всех приведенных дворов на данной схеме.

**II вариант – Рис. 3, стрелка С вниз под углом 45°** – схема периметральной застройки осталась та же, но *изменилось направления стрелки С*, т.е. изменились архитектурно-планировочные решения дворов относительно благоприятных и опасных ветров г. Одесса: теперь все дворы «вытянуты» в направлении **С-Ю** с размером двора в этом направлении **более 2Нзд**, что обеспечит *комфортный микроклимат на территории застройки* без интенсивных сквозняков и переохлаждения зимой, с хорошей аэрацией без перегрева летом, с небольшими теплопотерями и теплопоступлениями в зданиях, с хорошей степенью энергоэффективности градостроительных решений; при этом будут следующие особенности:

- **двор 2** – закрыт со стороны **С** и открыт на **Ю** – создается самый комфортный микроклимат из всех приведенных на этой схеме дворов с самой высокой степенью энергоэффективности градостроительных решений;

- **дворы 1 и 3** – закрыты со всех сторон и «вытянуты» в направлении **С-Ю** – при наличии озеленения со стороны **С** будет комфортный микроклимат без сквозняков и переохлаждения зимой и с хорошей аэрацией без перегрева летом,

с небольшими теплопотерями и теплопоступлениями в зданиях, с хорошей степенью энергоэффективности градостроительных решений;

- **дворы 4 и 5** – закрыты со стороны Ю и открыты на С, «вытянуты» в направлении С – Ю – летом хорошая аэрация, для уменьшения сквозняков зимой необходимо более интенсивное озеленение и уменьшение раскрытия двора со стороны С; при этом будут небольшие теплопотери и теплопоступления в зданиях и хорошая энергоэффективность градостроительных решений.

**Выводы и перспективы дальнейшей разработки.** Результаты проведенных исследований позволили установить следующее:

**1.** Основные системы жилой городской застройки (квартальная, строчная, периметральная замкнутой и полужамкнутой) существенно отличаются между собой комфортностью микроклимата и энергоэффективностью градостроительных решений.

**2. *Квартальная*** замкнутая низкоэтажная жилая застройка – способствует созданию наиболее комфортного микроклимата зимой и летом без сквозняков и переохлаждения, с хорошей аэрацией без перегрева, с минимальными теплопотерями и теплопоступлениями в зданиях – характеризуется самой высокой степенью энергоэффективности градостроительных решений.

**3. *Строчная 5-ти*** этажная система жилой застройки панельными зданиями – способствует созданию на её территории дискомфортного микроклимата с интенсивными сквозняками, переохлаждением и с максимальными теплопотерями зимой, с перегревом большими теплопоступлениями в зданиях летом – характеризуется самой низкой степенью энергоэффективности градостроительных решений.

**4. *Периметральная замкнутая и полужамкнутая*** высотная жилая застройка позволяет существенно регулировать в ней микроклимат и уровень энергоэффективности архитектурно-планировочными методами, путем изменения размера двора и ориентации его раскрытия:

- *комфортный микроклимат и высокую энергоэффективность* градостроительных решений застройки можно обеспечить, если в направлении благоприятных летних ветров раскрыть двор или «вытянуть» его до размера **более 2Нзд**, а в направлении опасных зимних ветров закрыть двор и уменьшить его размер **до Нзд** (в южных регионах **менее 1,5 Нзд**);

- *дискомфортный микроклимат и низкую энергоэффективность* градостроительных решений застройки можно получить, если в направлении опасных зимних ветров раскрыть двор или «вытянуть» его, т.е. увеличить его размер **более 2Нзд**, или в направлении благоприятных летних ветров закрыть двор и уменьшить его размер **до Нзд** (в южных регионах **менее 1,5 Нзд**).

## Литература

1. Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень: ДБН 360-92\*\* [Чинний від 01-10-2011]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2002. – 136 с. – (Державні будівельні норми України зі Змінами № 1-10).
2. Учет нормативных параметров климата городов Украины в архитектурном проектировании : учебное пособие для вузов, специальность «Архитектура» / *Е. В. Витвицкая, Д. О. Бондаренко*; под ред. Е. В. Витвицкой. – О. : ОГАСА, 2015. – 261 с.
3. Архитектурная физика: учебник для вузов, специальность «Архитектура» / *В. К. Лицкевич, Л. И. Макриненко, И. В. Мигалина* и др.; под ред. Н. В. Оболенского. – М. : Стройиздат, 1998. – 448 с.
4. *Скриль І. Н.* Основи планування міст. Навчальний посібник / *І. Н. Скриль*. – П. : ПДТУ ім. Ю. Кондратюка, 1999. – 161 с.
5. Виды жилой застройки. Схемы и характеристики. [Электронный ресурс], 2015. Режим доступа: <http://www.studopedia.info /2-73017.html>.
6. Схемы застройки городов Украины – [КартаGoogle], 2016. Режим доступа: <https://www.google.com.ua/maps>.
7. Краткие указания по планировке и застройке жилых микрорайонов на новых территориях в городах УССР. – К. : Госиздат, 1960. – 48 с.

### **МІКРОКЛІМАТ І ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМ ЖИТЛОВОЇ МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ ТА ЇХ РЕГУЛЮВАННЯ** *Вітвицька Є. В.*

В роботі проаналізовані мікроклімат і енергоефективність різних систем житлової міської забудови (квартальна, рядкова, периметральна замкнута і напівзамкнута) і розглянута можливість їх регулювання архітектурно-планувальними методами: шляхом зміни розміру двору і орієнтації його розкриття в напрямку сприятливих і небезпечних вітрів міста.

### **CLIMATE AND ENERGY EFFICIENCY OF RESIDENTIAL BUILDING AND URBAN REGULATION** *E. Vitvitskaya*

This paper analyzes the climate and energy efficiency of different systems of residential urban development (quarterly, lower case, the perimeter of the closed and semi-enclosed), and considered the possibility of regulating the architectural and planning methods: by changing the court size and the orientation of its disclosure in the direction of favorable winds and dangerous city.



## ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СИСТЕМІ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ОПЕРАЦІЙНИХ ЧИСТИХ КІМНАТ

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

*У статті наведений аналіз ексергоефективності впровадженої центральної прямотечійної системи кондиціювання повітря (СКП) операційних чистих кімнат, отриманий на її інноваційній математичній дослідницькій моделі залежно від різних факторів, що впливають на її роботу, та запропоновані шляхи енергозбереження для цієї СКП.*

**Вступ.** В останні десятиріччя за кордоном з метою заощадження енергетичних ресурсів ведуться фундаментальні дослідження діяльності ряду галузей, виробництв і технологій із позицій ексергетичної методології [2–5]. Ця методологія була обґрунтована у роботах Р. К. Клаузіуса, Дж. В. Гіббса, Ж. Гюї, А. Стодоли, Я. Шаргута та Р. Петели. Величина, що визначає придатність до дії (працездатність) ресурсів речовини та енергії, була названа ексергією, а функції, що визначають її значення, – ексергетичними.

Ексергія не тільки кількісно характеризує енергію будь-якого виду, а й дозволяє оцінити її якісний стан. Вона визначає перетворюваність, придатність енергії для технічного використання в будь-яких заданих умовах.

Оскільки ексергія є єдиною мірою працездатності, придатності енергетичних ресурсів, її застосування дає змогу дати об'єктивну оцінку енергетичних ресурсів будь-якого виду. Отже, ексергія є деякою універсальною мірою енергетичних ресурсів. А ексергетичний баланс, на підставі якого встановлюється масштаб використання енергетичних ресурсів, вказує на можливість підвищення коефіцієнта корисної дії (ККД) процесу.

Нині вартісні оцінки не можуть служити єдиною мірою ефективності енергетичного обладнання, які переробляють енергоресурси. Ексергія є фізичним, а не економічним критерієм і визначає незалежність цього параметра від кон'юнктурних коливань цін. В той самий час вартісні показники не дозволяють здійснити довгострокове прогнозування. Визначати мінімум необхідно не грошовими витратами, а витратами ексергії на одиницю виданої теплоти.

У сучасних технологіях, пов'язаних з перетворенням енергії, а саме у системах кондиціювання повітря, важливе місце займають обладнання і процеси, об'єктивна оцінка ступеня енергетичної досконалості яких може бути встановлена тільки на основі аналізу їх ексергоефективності.

Отже, зменшення затрат енергії, споживаної системами кондиціювання повітря, диктує необхідність їх оптимізації, що найповніше може бути досягнуто на основі ексергетичного аналізу, який враховує не тільки кількість, але й якість затраченої енергії [2 – 5].

**Описання об'єкту аналізу та його роботи.** Для операційних чистих кімнат нами застосовано центральну прямотечійну СКП, схематично зображену на рис. 1. У теплий період року (ТПР) зовнішнє повітря через клапан 11 забирається центральним кондиціонером, очищається у фільтрі 10, далі проходить через повітрянагрівник 9, охолоджується та осушується за політропою у повітроохолоднику 8, сепарується у краплеловнику 7, а відтак вентиляторним агрегатом 6 подається через фільтр кондиціонера 5 і фільтри 3 на вході у чисті операційні кімнати. Видаляється відпрацьоване повітря з операційних чистих приміщень з верхньої і нижньої зон витяжною установкою через її клапан 17 витяжним вентилятором 18.

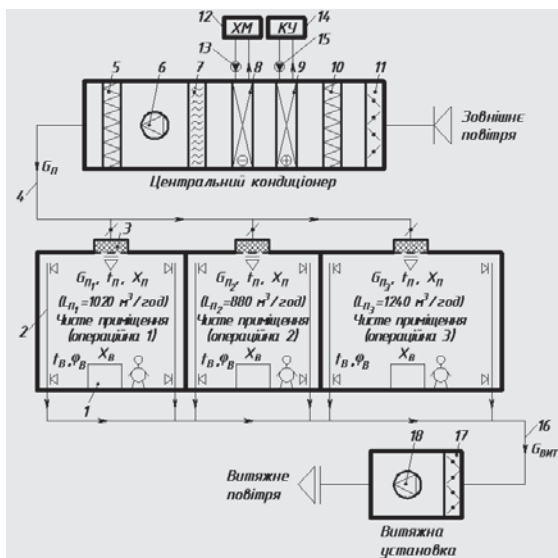


Рис. 1. Принципова схема впровадженної центральної прямотечійної системи кондиціонування повітря діючих кардіологічних операційних

Завданням даної роботи було провести дослідження ексергоефективності впровадженної прямотечійної системи кондиціонування повітря операційних чистих кімнат, отриманий на її інноваційній математичній дослідницькій моделі [5] залежно від різних факторів, що впливають на її роботу, та запропонувати шляхи енергозбереження для цієї СКП. В цій моделі склались матеріальний, тепловий (енергетичний) та ексергетичний баланси даної системи, які враховували всі можливі варіанти її роботи в реальних умовах.

Для оцінки ексергоефективності вказаної СКП користувались поняттям ексергетичного ККД, який визначався як відношення приросту ексергії повітря у кондиціонованому приміщенні  $E_{\text{вих}}$  до ексергії приводу СКП  $E_{\text{вх}}$ , яка витрачалась на підтримання процесу [5]:



$$\eta_e = \frac{E_{\text{вих}}}{E_{\text{вх}}} . \quad (1)$$

**Результати дослідницької роботи.** Завдяки розрахунково-кількісним експериментам, проведеним на інноваційній математичній дослідницькій моделі описаної центральної прямотечійної системи кондиціонування повітря операційних чистих кімнат, отримані значення ексергетичного ККД  $\eta_e$  залежно від різниці температур між внутрішнім і припливним повітрям  $\Delta t_n$ , температури  $t_b$  внутрішнього повітря і коефіцієнта трансформації  $EER$  холодильної машини, та подані у вигляді відповідних залежностей ексергетичного ККД  $\eta_e$  (рис. 2, 3) і на цій основі зроблений аналіз. Разом з тим нами було встановлено незначний вплив на ексергетичний ККД  $\eta_e$  відносних вологостей зовнішнього  $\varphi_3$ , внутрішнього  $\varphi_b$  і припливного  $\varphi_n$  повітря (максимально у межах 10%).

Результати дослідницької роботи кінцево було вирішено подати у вигляді такої узагальненої степеневої залежності:

$$\eta_e = C \cdot (\Delta t_n / t_b)^\alpha \cdot EER^\beta . \quad (2)$$

Показники степеня  $\alpha$  і  $\beta$  у рівнянні (2) отримані з результатів досліджень, поданих нами на рис. 2 і 3.

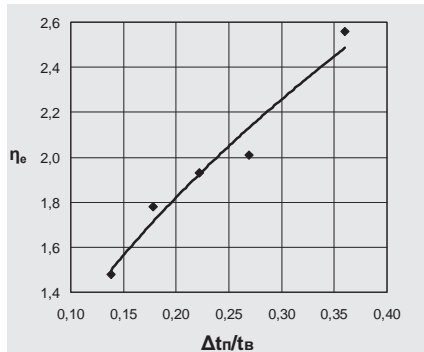


Рис. 2. Залежність ексергетичного ККД  $\eta_e$

впровадженної центральної прямотечійної системи кондиціонування повітря операційних чистих кімнат від відношення різниці температур між внутрішнім і припливним повітрям  $\Delta t_n$  до температури  $t_b$  внутрішнього повітря  $\Delta t_n / t_b$  і умов проведення досліджень:

$G_n = 4300$  кг/год;  $\Delta t_n = 4,0-9,0^\circ\text{C}$ ;  $t_b = 29-25^\circ\text{C}$ ;  $EER = 2,574$ ;  $t_3 = 40-30^\circ\text{C}$ ;

$\varphi_b = 64-54\%$ ;  $\varphi_3 = 36-44\%$ ;  $\varphi_n = 79-92\%$

Тоді залежність ексергетичного ККД  $\eta_a$  впровадженної центральної прямотечійної системи кондиціонування повітря операційних чистих кімнат від відношення різниці температур між внутрішнім і припливним повітрям до

температури внутрішнього повітря  $\Delta t_n / t_n$  можна подати такою степеневою залежністю:

$$\eta_e = 4,27 \cdot (\Delta t_n / t_n)^{0,53}. \quad (3)$$

Максимальна похибка розрахунків за формулою (3) становить 6,0%.

Отже, на основі залежності (рис. 2, формула (3)) знайдено значення показника степеня  $\alpha$ , який для нашого випадку становить 0,53.

Аналізуючи отримані дані досліджень на рис. 2, можна дійти таких висновків. Загальне зростання відношення різниці температур між внутрішнім і припливним повітрям до температури внутрішнього повітря  $\Delta t_n / t_n$  від 0,14 до 0,36, тобто в 2,57 рази, призводить до значного зростання значення ексергетичного ККД  $\eta_e$  від 1,48 до 2,56, тобто в 1,73 рази або на 73%. Варто також зауважити (рис. 2), що найбільше зростання ексергетичного ККД відбувається за різниці температур між внутрішнім і припливним повітрям  $\Delta t_n = 9,0^\circ\text{C}$ . Тому з метою енергозбереження впроваджену систему кондиціонування повітря потрібно використовувати за вищої різниці температур між внутрішнім і припливним повітрям, а саме, наприклад  $\Delta t_n = 9,0^\circ\text{C}$  (за будь-якої температури внутрішнього повітря), що дасть можливість отримати найвищий ексергетичний ККД  $\eta_e$ , а значить отримати енергоощадний варіант використання впровадженої системи кондиціонування повітря.

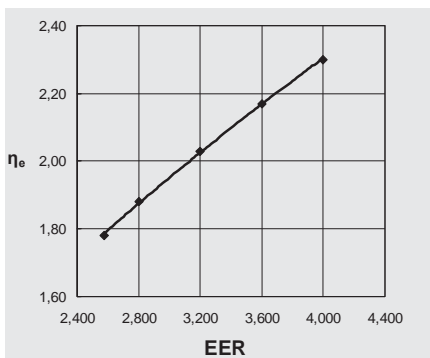


Рис. 3. Залежність ексергетичного ККД  $\eta_e$

впровадженої центральної прямотечійної системи кондиціонування повітря операційних чистих кімнат від коефіцієнта трансформації  $EER$  холодильної машини і умов проведення досліджень:

$$G_1 = 4300 \text{ кг/год}; \Delta t_1 = 5,0^\circ\text{C}; t_n = 28^\circ\text{C}; \Delta t_n / t_n = 0,18; t_3 = 38^\circ\text{C};$$

$$\varphi_n = 64\%; \varphi_3 = 38\%; \varphi_n = 84\%$$

Тоді залежність ексергетичного ККД  $\eta_e$  впровадженої центральної прямотечійної системи кондиціонування повітря чистого приміщення від коефіцієнта трансформації  $EER$  холодильної машини можна подати такою степеневою залежністю:

$$\eta_e = 1,034 \cdot EER^{0,58}. \quad (4)$$

Максимальна похибка розрахунків за формулою (4) становить 0,5%.

Отже, на основі залежності (рис. 3, формула (4)) знайдено значення показника степеня  $\beta$ , який для нашого випадку становить 0,58.

Аналізуючи отримані дані досліджень на рис. 3, можна дійти таких висновків. Загальне зростання відношення коефіцієнта трансформації  $EER$  холодильної машини від 2,574 до 4,0, тобто в 1,554 рази, призводить до зростання значення ексергетичного ККД  $\eta_e$  від 1,78 до 2,30, тобто в 1,29 рази або на 29%. Варто також зауважити (рис. 3), що найбільше зростання ексергетичного ККД відбувається за коефіцієнта трансформації холодильної машини  $EER = 4,0$ . Тому з метою енергозбереження впроваджену систему кондиціонування повітря бажано використовувати за вищого коефіцієнта трансформації холодильної машини, а саме, наприклад  $EER = 4,0$ , що дасть можливість отримати вищий ексергетичний ККД  $\eta_e$ , а значить отримати енергоощадний варіант використання впровадженої системи кондиціонування повітря.

Остаточню визначаємо, що коефіцієнт  $C = 2,53$ , та отримуємо узагальнену степеневу залежність для впровадженої центральної прямотечійної системи кондиціонування повітря операційних чистих кімнат:

$$\eta_e = 2,53 \cdot (\Delta t_n / t_n)^{0,53} \cdot EER^{0,58}. \quad (5)$$

Максимальна похибка розрахунків за формулою (5) становить 8,7%.

**Висновки.** Отримано узагальнену степеневу залежність ексергетичного ККД  $\eta_e$  впровадженої центральної прямотечійної системи кондиціонування повітря операційних чистих кімнат від відношення різниці температур між внутрішнім і припливним повітрям до температури внутрішнього повітря  $\Delta t_n / t_n$  та коефіцієнта трансформації  $EER$  холодильної машини. Показано, що з метою енергозбереження впроваджену систему кондиціонування повітря бажано використовувати за вищої різниці температур між внутрішнім і припливним повітрям, а саме, наприклад  $\Delta t_n = 9,0^\circ\text{C}$  (за будь-якої температури внутрішнього повітря), та за вищого коефіцієнта трансформації холодильної машини, а саме, наприклад  $EER = 4,0$ , що дасть можливість отримати найвищий ексергетичний ККД  $\eta_e$ , а значить отримати енергоощадний варіант використання впровадженої системи кондиціонування повітря.

## Література

1. Федотов А. Е. Чистые помещения / А. Е. Федотов // Второе изд., перераб. и доп. – М. : АСИНКОМ, 2003. – 576 с.
2. Шаргут Я. Эксергия / Я. Шаргут, Р. Петела. – М. : Энергия, 1968. – 280 с.
3. Эксергетические расчеты технических систем: справ. пособие / [В.М. Бродянский, Г.П. Верхивкер, Я.Я. Карчев и др.]; под ред. А.А. Долинского,

*В. М. Бродянского*; Ин-т технической теплофизики АН УССР. – Киев : Наук. думка, 1991. – 360 с.

4. *Бродянский В. М.* Эксергетический метод термодинамического анализа / *В.М. Бродянский*. – М. : Энергия, 1973. – 296 с.

5. *Лабай В. Й.* Залежність ексергетичного ККД системи кондиціонування повітря операційних чистих кімнат від коефіцієнта трансформації холодильної машини / *В. Й. Лабай, Д. І. Гарасим* // Науково-технічний журнал «Холодильна техніка і технологія», т. 51, вип. 3. – Одеса : ОНАХТ, 2015. – С. 14–21.

## **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В СИСТЕМЕ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ОПЕРАЦИОННЫХ ЧИСТЫХ КОМНАТ**

*Гарасим Д. И., Лабай В. И.*

В статье приведенный анализ эксергоэффективности внедренной центральной прямоточной системы кондиционирования воздуха (СКВ) операционных чистых комнат, полученный на ее инновационной математической исследовательской модели в зависимости от разных факторов, какие влияют на ее работу, и предложены пути энергосбережения для этой СКВ.

## **ENERGYSAVING IN AIR CONDITIONING SYSTEM OF OPERATING CLEANROOMS**

*D. Harasym, V. Labay*

The analysis of exergy effectiveness of implemented central straight flow air conditioning system (ACS) for operating cleanrooms which was obtained on its innovative mathematical research model depending on different factors that have influence on its work was presented in this article, and ways of energy saving for this ACS was proposed. It was found that the biggest impact on exergy output-input ratio of its air conditioning system have the temperature difference between inside and supplied air in a room, temperature of inside air which is depends on temperature of outside air, and coefficient of transformation EER of chosen refrigeration machine of air conditioning system.

## ПОРІВНЯННЯ СТАНДАРТІВ УКРАЇНИ В ОЦІНЮВАННІ ХАРАКТЕРИСТИК ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОПОВЕРХОВИХ ПАНЕЛЬНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

*Розглянуто вплив змін до нормативних документів, які діють в Україні, на клас енергетичної ефективності будівель на прикладі житлового багатоповерхового панельного будинку. Проаналізовані зміни нормативних показників, які безпосередньо впливають на клас енергоефективності.*

**Постановка проблеми.** Енергоефективність – це галузь знань, що знаходиться на межі інженерії, економіки, юриспруденції та соціології. В галузі будівництва вона означає створення надійної теплоізоляційної оболонки будівель та інженерного обладнання для забезпечення оптимальних умов мікроклімату в приміщеннях при фактичних або розрахункових витратах теплової енергії на їх опалення з врахуванням кліматичного районування. На відміну від енергозбереження (заощадження, збереження енергії), головним чином спрямованого на зменшення енергоспоживання, енергоефективність (корисність енергоспоживання) – це корисна (ефективна) витрата енергії. Відтак пошук шляхів оптимальних значень основних показників енергоефективності з метою досягнення максимального значення класу енергоефективності є актуальною й важливою задачею.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На сьогоднішній день енергоефективність є однією з найбільш актуальних проблем, і тому в Україні в 2006 р. були розроблені ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» [2], в яких висунуті основні вимоги до проектування огорожувальних конструкцій будівель з урахуванням витрат теплової енергії на їх опалення за опалювальний період. За результатами розрахунків встановлюються класи енергоефективності будівель, що є основними показниками різниці розрахункового та фактичного значень питомих тепловтрат на їх опалення,  $q_{\text{буд}}$ , від максимально допустимого значення  $E_{\text{тах}}$ .

Для покращення енергетичних показників будівель і зменшення витрат енергії на їх опалення з 1 липня 2013 року до ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» внесли зміни [3], які суттєво вплинули на характер визначення класу енергоефективності будівель в Україні.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Зважаючи на вищесказане, на кафедрі «Архітектурних конструкцій» КНУБА виконані розрахунки і порівняння класів енергетичної ефективності багатоповерхового панельного житлового будинку за нормативами, які діяли в Україні до 2014 року і після внесення змін.

**Основна частина.** Розглянуто існуючий житловий будинок, який розташований по вул. Гарматна, 29-31 у Солом'янському районі м. Києва і призначений для серійного будівництва. За формою фінансування будівництва, рівнем комфорту і соціальної спрямованості цей будинок відноситься до другої категорії соціального житла [1, 6]. Будинок односекційний, окремо розташований, висотою 22 поверхи. Підвальний і перший поверхи виконані з монолітного залізобетону, а всі вище розташовані поверхи – із збірних залізобетонних панелей заводського виготовлення. На першому поверсі частково розташовані вбудовані нежитлові приміщення громадського призначення, а вище квартири. Над верхнім житловим поверхом знаходиться технічний поверх. Також запроектований технічний підвал. Умовна висота будинку 70,27 м. Загальна кількість квартир – 130. У будинку передбачена одна сходова клітка та три підйомних ліфти.

**Утеплення зовнішніх несучих стін будівлі** прийняті двох класів [5]:

**Клас В, підклас В.8** – залізобетонна збірна стінова панель товщиною 160 мм та конструкції фасадної збірної системи теплоізоляції на основі базальтового волокна густиною  $65 \text{ кг/м}^3$ , товщиною 120 мм, з вентильованим повітряним прошарком та опорядженням індустріальними елементами СКАНРОК зі стояково-ригельним кріпленням. Конструктивна схема такої збірної системи зі стояково-ригельним кріпленням зовнішнього опоряджувального шару наведено на рис. 1.

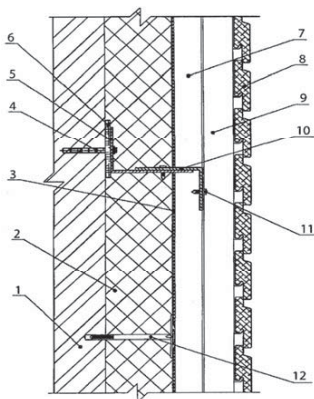


Рис. 1. Конструктивна схема збірної системи зі стояково-ригельним кріпленням зовнішнього опоряджувального захисного шару (підклас В.8):

- 1 – несуча стіна, залізобетонна збірна стінова панель,  $\delta = 160$ ,  $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda = 2,04 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ; 2 – шар теплової ізоляції, мінераловатна плита  $\delta = 120 \text{ мм}$ ,  $\gamma = 0,04 \text{ кг/м}^3$ ,  $\text{Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ; 3 – повітрозахисна мембранна плівка; 4 – анкер;
- 5 – кронштейн; 6 – прокладка паронітова;
- 7 – повітряний вентильований прошарок;
- 8 – індустріальні личкувальні елементи СКАНРОК;
- 9 – стояк; 10 – ригель;
- 11 – з'єднувальний елемент;
- 12 – елемент механічного кріплення утеплювача

**Клас А, підклас А1** – зовнішні стіни в лоджіях, залізобетонна стінова панель товщиною 160 мм і конструкція збірної системи фасадної теплоізоляції на основі базальтового волокна густиною  $129 \text{ кг/м}^3$ , товщиною 120 мм та опорядженням легкими тонкошаровими штукатурками з мінеральною посипкою товщиною 5 мм. Конструктивна схема такої збірної системи з опорядженням легкими тонкошаровими штукатурками наведено на рис. 2.

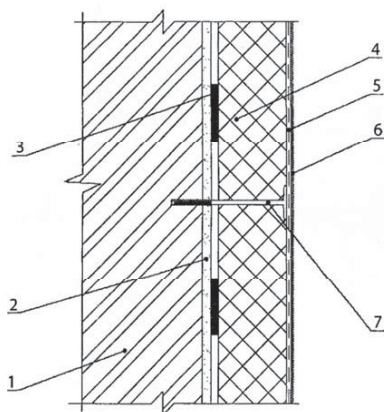


Рис. 2. Конструктивна схема збірної системи з опорядженням легкими тонкошаровими штукатурками (підклас А.1):

- 1 – несуча стіна, залізобетонна збірна стінова панель,  $\delta = 160$ ,  $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda = 2,04 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ;  
 2 – вирівнювальний штукатурний шар,  $\delta = 5 \text{ мм}$ ,  $\gamma = 1000 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda = 0,3 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ; 3 – клейовий шар;  
 4 – шар теплової ізоляції, мінераловатна плита,  $\delta = 120 \text{ мм}$ ,  $\gamma = 129 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda = 0,0392 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ ;  
 5 – захисний шар, армований склосіткою;  
 6 – опоряджувальне покриття; 7 – елемент механічного кріплення утеплювача

Основним фактором, який визначає втрати тепла у приміщеннях житлових будинків є опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій – стін, покриттів, вікон, балконних і вхідних дверей.

З 1 липня 2013 р. змінилися мінімально допустимі значення опорів теплопередачі огорожувальних конструкцій. Для зменшення теплових витрат на опалення будівель суттєво збільшили нормативні мінімально допустимі опори теплопередач огорожувальних конструкцій. В таблиці 1 наведені показники опорів теплопередачі огорожувальних конструкцій: за ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» до введення змін, після введення зміни №1, а також фактичний опір теплопередачі всіх огорожувальних конструкцій житлового будинку, що був взятий за приклад.

Таблиця 1

Опір теплопередачі огорожувальних конструкцій

Вид огорожувальної конструкції	Мінімально допустимий опір теплопередачі за ДБН В.2.6-31:2006, $\text{м}^2\text{C/Вт}$	Мінімально допустимий опір теплопередачі за ДБН В.2.6-31:2006 з урахуванням Зміни №1, $\text{м}^2\text{C/Вт}$	Фактичний опір теплопередачі, $\text{м}^2\text{C/Вт}$
Зовнішні стіни	2,8	3,3	3,0
Перекрыття над проїздами і підвалами	3,5	3,75	2,2
Горищні покриття і перекрыття	3,3	4,95	3,5
Суміщені покриття	3,3	5,35	4,0
Вікна	0,6	0,75	0,6

Максимально допустимі значення питомих тепловитрат на опалення будівель за опалювальний період також змінилися. Для житлових будинків висотою 17-25 поверхів питомі тепловитрати для I-ої температурної зони в ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» до 1 липня 2013 р. становили 73кВт·год/м<sup>2</sup>, а після введення зміни №1 – 43кВт·год/м<sup>2</sup>.

Також змінилися показники сумарної сонячної радіації за опалювальний період, що надходить на горизонтальну та вертикальну поверхні різної орієнтації за середніх умов хмарності за ДСТУ Б.В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія»[4], що вплинуло на сумарні теплові надходження сонячної радіації через вікна. Для міста Київ показники сумарної сонячної радіації за опалювальний період наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Показники сумарної сонячної радіації за опалювальний період для м. Києва

Сумарна сонячна радіація за опалювальний період, МДж/м									
	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	Горизонтальна
До зміни	299	338	500	764	916	782	516	339	864
Після зміни	83	94	139	212	255	217	143	94	240

Відповідно до вищезазначених змін змінився показник витрати теплової енергії на опалення будинку за опалювальний період. Розрахункове значення питомих тепловитрат на його опалення за опалювальний період  $q_{\text{буд}}$ , кВт·год/м<sup>2</sup> визначається за формулою:

$$q_{\text{буд}} = \frac{Q_{\text{рік}}}{F_h}$$

За результатами даного показника визначають клас енергетичної ефективності за формулою:

$$\left[ \frac{(q_{\text{буд}} - E_{\text{max}})}{E_{\text{max}}} \right] \times 100\%$$

Класи енергетичної ефективності, після введення зміни №1, також змінилися, а саме стали жорсткішими вимоги до класів «С» і «D». Діапазонкласу «С» змінився від «-9 до +5» до «-9 до 0», діапазон класу «D» відповідно змінився від «+6 до +25» до «+1 до +25».

Для житлового будинку, що розглядається, було розроблено два енергетичних паспорти. За ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» до внесення зміни клас енергетичної ефективності будинку становив «В», а після внесення зміни №1, з більш жорсткими вимогами, клас енергетичної ефективності змінився до «D», що не відповідає мінімально допустимим



вимогам ДБН. Отже потрібно підвищувати енергетичну ефективність такого типу будинків за рахунок впровадження енергоефективних заходів для зменшення витрат енергії на опалення:

- покращення архітектурно-конструктивних рішень окремих вузлів;
- усування містків холоду;
- підвищення опору теплопровідності огорожувальних конструкцій.

**Висновки.** Зробивши порівняння паспортів енергетичної ефективності багатоповерхового панельного житлового будинку можна зробити висновок, що вимоги до енергоефективності будівель постійно зростають, а тому необхідно проектувати надійну теплову оболонку. Всі огорожувальні конструкції будівель повинні забезпечувати збереження тепла в приміщеннях будівель. З метою економії паливних ресурсів, скорочення експлуатаційних витрат і підвищення рівня комфорту в приміщеннях необхідно проектувати енергоефективні житлові будинки, до концепції яких входить не лише ізоляція огорожувальних конструкцій за допомогою тепло ізолюючих матеріалів, але й архітектурно-планувальні та спеціальні інженерні рішення систем вентиляції та тепlopостачання.

## Література

1. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення: *ДБН В.2.2-15-2005*.—[Чинний від 01-01- 2006]. – К. : Держбуд України, 2005. – 36 с.
2. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель: *ДБН В.2.6-31:2006*.—[Чинний від ].– К. : Мінбуд України, 2006. – 65 с.
3. Теплова ізоляція будівель. Зміна №1: *ДБН В.2.6-31:2006*.—[Чинний від 01-07- 2013]. – К. : Мінбуд України, 2014. – 65 с.
4. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія: *ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010*. —[Чинний від 01-11- 2011]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с.
5. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації:  
*ДБН В.2.6-33:2008*. – [Чинний від 01-07- 2009]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 21 с.
6. *Плоский В. О.* Архітектура будівель та споруд. Книга 2. Житлові будинки: Підручник для вищих навчальних закладів. – Видання друге, перероблене та доповнене / *В. О. Плоский, Г. В. Гетун* – Кам'янець-Подільський : Видавництво МЕДОБОРИ-2006, 2015. – 617 с. : іл.

**СОПОСТАВЛЕНИЕ СТАНДАРТОВ УКРАИНЫ В ОЦЕНКЕ  
ХАРАКТЕРИСТИК ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ  
МНОГОЭТАЖНЫХ ПАНЕЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ**

*Гетун Г. В., Атаманюк І. О., Дмитренко О. І.*

Рассмотрено влияние изменений в нормативных документах, действующих в Украине, на класс энергетической эффективности зданий на примере жилого многоэтажного панельного дома. Проанализированы изменения нормативных показателей, которые непосредственно влияют на класс энергоэффективности.

**COMPARISON OF THE STANDARDS OF UKRAINE IN THE  
ENERGY PERFORMANCE ASSESSMENT  
PANEL HIGH-RISE RESIDENTIAL**

*Galina V. Getun, Ihor O. Atamanyuk, Olexsandr I. Dmytrenko*

Considered the effect of changes to the regulations, which operating in Ukraine, in class energy efficiency of buildings the example of a multi-storey panel building. Analyzed changes in regulatory parameters which directly affect on the energy efficiency class.

## ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ В ОПАЛЮВАЛЬНИЙ ТА НЕОПАЛЮВАЛЬНИЙ СЕЗОНИ РОКУ

*Державний вищий навчальний заклад  
«Криворізький національний університет», Україна*

*Пропонується обґрунтування розрахункової формули показника надійності теплової мережі на основі класичної теорії ймовірності.*

*Досліджено залежність показника надійності від конструктивних особливостей теплової мережі для опалювального та неопалювального сезонів року.*

**Постановка проблеми.** При експлуатації теплових мереж виникають аварійні ситуації, при яких відсутнє постачання тепла або всім абонентам, або певній їх частині. Для ліквідації аварій на пошкодженій ділянці теплової системи виконуються ремонтні роботи. Тривалість часу відключення споживачів тепла при ремонтах в середньому становить  $t_p \approx 5$  годин для трубопроводів  $D=100-200$  мм та  $t_p \approx 9,1$  години для трубопроводів  $D=250-400$  мм [1, 2]. При проектуванні теплових мереж слід передбачити таку їх конструкцію, при якій показник надійності  $R(t)$  буде не меншим, ніж його нормоване значення. Для систем теплопостачання від квартальних котелень та районних теплових котелень показник надійності приймають не менше  $R(t) > 0,85$ , а від ТЕЦ –  $R(t) > 0,9$ . За розрахункове значення часу  $t$  приймають тривалість опалювального сезону ( $t \approx 0,50-0,56$  року).

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Дослідження надійності теплових мереж студенти спеціальності «Теплогазопостачання і вентиляція» виконують при розробці магістерських робіт та дипломних проєктів. Методика оцінки надійності теплових мереж викладена в підручнику [2]. Однак, при ознайомленні з цією методикою виникають певні труднощі з ряду причин. По-перше, обґрунтування розрахункових формул в підручнику базується на теорії графів та тензорному численні, які студенти вказаної спеціальності не вивчають. По-друге, приклади розрахунків подані в стислому вигляді і без достатніх коментарів, що також викликає ряд запитань. По-третє, тепла мережа експлуатується і в неопалювальний сезон року (дещо з меншою потужністю), але відсутня оцінка показника надійності для цього періоду року. Перераховані причини і викликали необхідність написання даної роботи.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Методику оцінки надійності теплових мереж пропонується обґрунтувати на основі класичної теорії ймовірності, сутність якої студентам відома з курсу вищої математики [3]. В такому випадку більш наочно ілюструється отримання кінцевої розрахункової формули показника надійності  $R(t)$ .

**Основна частина.** Показник надійності  $R(t)$  теплової системи, яка пропрацювала протягом часу  $t$ , визначається за формулою

$$R(t) = \frac{Q(t)}{Q_0} = \frac{[Q_0 - \Delta Q(t)]}{Q_0}, \quad (1)$$

де  $Q_0$  – проектна потужність теплової мережі, МВт;  $Q(t)$  – відпуск тепла споживачам за час  $t$ , МВт;  $\Delta Q(t)$  – недопостачання тепла при  $j=1,2 \dots k$  аварійних ситуаціях, МВт.

Аварійні ситуації обумовлені сукупністю  $\lambda_{j,i}$  ( $i=1,2 \dots r_j$ ) потоків відмов елементів теплової мережі при  $j$ -тій ситуації: трубопроводів разом з компенсаторами, засувок. Через імовірний характер виникнення відмови елементів мереж, розрахунок недоотримання тепла  $\Delta Q(t)$ , МВт здійснюється за допомогою методів теорії імовірності

$$\begin{aligned} \Delta Q(t) &= \frac{(\Delta Q_1(t) \cdot \lambda_{1i} + \Delta Q_2(t) \cdot \lambda_{2i} + \dots + \Delta Q_k(t) \cdot \lambda_{ki}) \cdot F(\lambda t)}{\sum \lambda_i} = \\ &= \frac{(\sum \Delta Q_j \cdot \lambda_{ji}) \cdot F(\lambda t)}{\sum \lambda_i}, \end{aligned} \quad (2)$$

де  $\sum \lambda_i$  – сума відмов усіх елементів теплової системи при всіх аварійних ситуаціях;  $F(\lambda t)$  – функція імовірності відмов елементів, проявлення яких відповідає закону Пуассона, вигляд якої буде вказано нижче.

Імовірність  $m=(0;1)$  відмов за час  $t$  в простому потоку подій відповідно до формули Пуассона дорівнює

$$P_m(\lambda t) = \frac{(\lambda t)^m \exp(-\lambda t)}{m!}. \quad (3)$$

Імовірність  $P_m(\lambda t)$  того, що за час  $t$  не спостерігається жодної відмови  $m=0$  (трапиться нуль відмов) одного елемента мережі, становить

$$P_0(\lambda t) = \frac{(\lambda t)^0 \exp(-\lambda t)}{0!} = \exp(-\lambda t). \quad (4)$$

Теплова мережа буде працювати в безаварійних ситуаціях, якщо всі елементи теплової мережі будуть в безумовній ситуації, тобто події  $\lambda_1 t, \lambda_2 t, \dots, \lambda_r t$  відбуваються одночасно.

Відповідно з теоремою множення імовірностей одночасних незалежних подій отримано

$$P_0[\lambda_1 t; \lambda_2 t; \dots; \lambda_r t] = \exp(-\lambda_1 t) \cdot \exp(-\lambda_2 t) \cdot \dots \cdot \exp(-\lambda_r t) = \exp(-\sum \lambda_i t). \quad (5)$$

В аварійній ситуації теплова мережа буде в тому випадку, якщо буде відмова хоча б одного елемента мережі. Функція такої події буде дорівнювати

$$F(\lambda t) = 1 - P_0(\lambda_1 t \dots \lambda_r t) = 1 - \exp(-\sum \lambda_i t). \quad (6)$$

Параметри  $\lambda_i$ , рік<sup>-1</sup> потоків відмов розраховуються наступним чином. Відмова одного теплопроводу протягом одного року довжиною в 1 км характеризується величиною  $\omega_m=0,05$  (км·рік)<sup>-1</sup>, а відмова засувки – величиною  $\omega_z=0,002$  рік<sup>-1</sup>. Для  $j$ -тої аварійної ситуації або  $i$ -тої ділянки двотрубною мережі (включаючи і відгалуження) довжиною  $l_i$  параметр відмов обох трубопроводів буде дорівнювати

$$\lambda_{j,i} = 2 \cdot \omega_m \cdot l_i = 0,1 \cdot l_i. \quad (7)$$

Якщо на  $i$ -тій ділянці тепломережі при  $j$ -тій аварійній ситуації розташовано  $n_i$  засувок на певному трубопроводі, то параметр  $\lambda_{j,i}$ , рік<sup>-1</sup> розраховується аналогічно

$$\lambda_{j,i} = 2 \cdot \omega_3 \cdot n_i = 0,004 \cdot n_i. \quad (8)$$

В загальному випадку потік відмов усіх елементів теплової мережі дорівнює сумі відмов кожного елемента, рік<sup>-1</sup>

$$\lambda_{\Sigma} = \sum \omega_i = \sum (0,1 \cdot l_i + 0,004 \cdot n_i). \quad (9)$$

Таким чином, з урахуванням залежностей (2), (9) формула (1) для розрахунку показника надійності  $R(t)$  має наступний вигляд

$$R(t) = \frac{Q(t)}{Q_0} = 1 - [1 - \exp(-\lambda_{\Sigma} t)] \cdot [\sum \Delta Q_j(t) \lambda_{j,i}] \cdot (Q_0 \lambda_{\Sigma})^{-1}. \quad (10)$$

Для більш жорсткої оцінки показника надійності роботи теплової мережі (без урахування впливу секційних засувок) використовується залежність

$$R_m(t) = \exp(-\sum 0,1 \cdot l_i t). \quad (11)$$

В якості прикладів приведені розрахунки показника надійності  $R(t)$  теплової мережі, що має дві однотипні магістралі по п'ять ділянок на кожній з них. Розрахункова схема приведена на рис. 1.

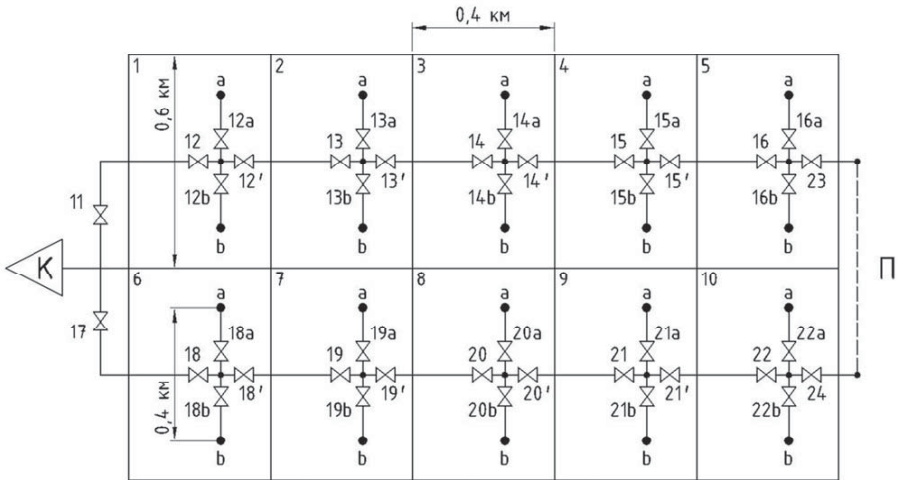


Рис. 1. Розрахункова схема теплової мережі:

К – районна котельня або ТЕЦ; 11, 17 – засувки головного вузла двох магістралей («гілок») двотрубною тепловою мережі; 1-10 – території ділянок теплової мережі; 12-16, 18-22 – головні секційні засувки на теплопроводах (варіанти 1 та 4); а ●, б ● – квартальні контрольно-розподільні пункти (КРП); П – перемичка з засувками 23, 24 (варіанти 2 та 5); 12'-15', 18'-21' – додаткові секційні засувки; 12а-12б, ..., 22а-22б – засувки на трубопроводах відгалужень (варіанти 3 та 6).

Основні вихідні дані наступні: проектна теплова потужність мережі – 200 МВт; на 10 ділянках розташовані 20 квартальних контрольно-розподільчих пунктів (КРП) з тепловою потужністю по 10 МВт; протяжність подавальних і зворотних ліній кожної ділянки із врахуванням відгалужень до КРП становить  $l_i=0,8$  км; оцінка аварійних ситуацій здійснюється за час  $t \approx 0,56$  року (опалувальний сезон).

**Варіант 1.** Теплова мережа не закільцьована (відсутня перемичка П); на подавальному та зворотному теплопроводах встановлені тільки секційні засувки 12-15 та 18-21; на головному вузлі встановлені засувки 11 та 17 (по 2 шт.).

Порядок розрахунку наступний.

За формулою (7) розраховується потік відмов на теплопроводах однотипових ділянках мережі, рік<sup>-1</sup>

$$\lambda_{j,i} = 2 \cdot 0,05 \cdot 0,8 = 0,08,$$

а за формулою (8) – потік відмови головного вузла, рік<sup>-1</sup>

$$\lambda_{j,i} = 4 \cdot 0,002 = 0,008,$$

а також секційних засувок кожної ділянки, рік<sup>-1</sup>

$$\lambda_{j,i} = 2 \cdot 0,002 = 0,004.$$

В залежності від відмови ділянки чи головних і секційних засувок оцінюють недоотримання тепла  $\Delta Q_j(t)$  при  $j$ -тій аварійній ситуації.

Результати розрахунку занесені в табл. 1.

Таблиця 1.

Розрахунок параметрів  $\lambda_{j,i}$ ,  $\Delta Q_j(t)$ ,  $\Delta Q_j(t) \cdot \lambda_{j,i}$  (варіант 1)

№ елемента, що відмовив (ділянки)	Потік відмов елемента $\lambda_{j,i}$ , рік <sup>-1</sup>	Недоотримання тепла $\Delta Q_j(t)$ , МВт	$\Delta Q_j(t) \cdot \lambda_{j,i}$ , МВт/рік	№ елемента, що відмовив (засувки)	Потік відмов елемента $\lambda_{j,i}$ , рік <sup>-1</sup>	Недоотримання тепла $\Delta Q_j(t)$ , МВт	$\Delta Q_j(t) \cdot \lambda_{j,i}$ , МВт/рік
1	0,08	100	8,0	11	0,004	100	0,40
2	0,08	80	6,4	12	0,004	100	0,40
3	0,08	60	4,8	13	0,004	80	0,32
4	0,08	50	4,0	14	0,004	60	0,24
5	0,08	20	1,6	15	0,004	40	0,16
6	0,08	100	8,0	17	0,004	100	0,40
7	0,08	80	6,4	18	0,004	100	0,40
8	0,08	60	4,8	19	0,004	80	0,32
9	0,08	50	4,0	20	0,004	60	0,24
10	0,08	20	1,6	21	0,004	40	0,16
	$\Sigma=0,8$		$\Sigma=49,6$		$\Sigma=0,04$		$\Sigma=3,04$

На основі розрахунків, що занесені в табл. 1, обчислено

$$\lambda_{\Sigma} = 0,8 + 0,04 = 0,84 \text{ рік}^{-1},$$

$$\sum Q_j(t) \cdot \lambda_{j,i} = 49,6 + 3,04 = 52,64 \text{ МВт/рік.}$$

За формулою (10) розраховується показник надійності  $R_I(0,56)$  за час  $t=0,56$  року

$$R_I(0,56) = 1 - [1 - \exp(-0,84 \cdot 0,56)] \cdot 52,64 / (0,84 \cdot 200) = 0,882.$$

В тому випадку, коли на ділянках будуть відсутні секційні засувки, показник надійності на основі залежності (11) буде становити

$$R_m(0,56) = \exp[-(0,1 \cdot 0,8 \cdot 10) \cdot 0,56] = \exp(-0,448) \approx 0,64.$$

Аналіз результатів розрахунків показує, що коли теплова мережа підключена до районної котельні, то її показник надійності задовольняє вимогам мінімального значення  $0,882 > 0,85$ . Якщо теплова мережа буде підключена до промислової опалювальної котельні або до ТЕЦ, то показник надійності нижчий, ніж це необхідно  $0,882 < 0,9$ . При відсутності секційних засувок надійність теплових мереж буде невисокою  $R_m(0,56) = 0,64$ , що вказує на доцільність обладнання теплової мережі засувками.

Варіант 2. Оцінимо зміну показника надійності при кільцюванні двох магістралей перемичкою П довжиною  $l_n = 0,6$  км (див. рис. 1), на якій встановлені засувки 16 та 22 з потоком відмов,  $\text{рік}^{-1}$

$$\lambda_{j,i} = 2 \cdot 0,002 = 0,004,$$

а на головних магістралях встановлено секційні засувки 12-15 та 18-21.

При відмові одного з трубопроводів ділянки (а чи б) недоотримання тепла складає 20 МВт, а при відмові секційної засувки – недопостача буде дорівнювати 40 МВт (будуть відключені дві ділянки). Необхідні розрахунки варіанту 2 занесені в табл. 2.

Сума потоку відмов всіх елементів теплової мережі разом з перемичкою П

$$\lambda_{\Sigma} = 0,8 + 0,044 = 0,844 \text{ рік}^{-1},$$

а сума добутків  $\Delta Q_j(t) \cdot \lambda_{j,i}$  становить

$$\sum Q_j(t) \cdot \lambda_{j,i} = 16,0 + 3,04 = 19,04 \text{ МВт/рік.}$$

Показник надійності відповідно з формулою (10)

$$R_2(0,56) = (1 - [1 - \exp(-0,844 \cdot 0,56)] \cdot 19,04) / (0,844 \cdot 200) = 0,958.$$

Показник надійності теплової мережі, яка запроектована за варіантом 2, досить високий ( $0,958 > 0,9$ ), але при такій конструкції можуть знаходитися в аварійній ситуації або дві ділянки (відмова секційних засувок), або одна ділянка (відмова одного з трубопроводів ділянки).

Варіант 3. Системою обв'язки кожного вузла трубопроводів на ділянках 1-10 засувками в кількості 8 (наприклад, 12, 12', 12a, 12b на кожному трубопроводі), разом з перемичкою П можливо досягти найбільшої надійності роботи теплової мережі. У випадку аварії буде відключений лише один КРП з потужністю 5,0 МВт. За такою схемою кожний вузловий споживач (КРП) буде приєднаний до двох сусідніх ділянок, і при відмові одного з трубопроводів ділянки магістралі споживач отримує тепло від сусідніх ділянок. Відсутність

Таблиця 2.

Розрахунки параметрів  $\lambda_{j,i}$ ,  $\Delta Q_j(t)$ ,  $\Delta Q_j(t) \cdot \lambda_{j,i}$ 

№ елемента, що відмовив (ділянки)	Потік відмов елемента $\lambda_{j,i}$ , рік <sup>-1</sup>	Недоотримання тепла $\Delta Q_j(t)$ , МВт	$\Delta Q_j(t) \cdot \lambda_{j,i}$ , МВт/рік	№ елемента, що відмовив (засувки)	Потік відмов елемента $\lambda_{j,i}$ , рік <sup>-1</sup>	Недоотримання тепла $\Delta Q_j(t)$ , МВт	$\Delta Q_j(t) \cdot \lambda_{j,i}$ , МВт/рік
1	0,08	20	1,6	11, 17	0,004	200	1,6
2	0,08	20	1,6	12	0,004	40	0,16
3	0,08	20	1,6	13	0,004	40	0,16
4	0,08	20	1,6	14	0,004	40	0,16
5	0,08	20	1,6	15	0,004	40	0,16
6	0,08	20	1,6	18	0,004	40	0,16
7	0,08	20	1,6	19	0,004	40	0,16
8	0,08	20	1,6	20	0,004	40	0,16
9	0,08	20	1,6	21	0,004	40	0,16
10	0,08	20	1,6	16, 22	0,004	40	0,16
	$\Sigma=0,8$		$\Sigma=16,0$		$\Sigma=0,044$		$\Sigma=3,04$

теплопостачання на одному з КРП викликана відмовою або однієї із засувок вузла приєднання або однієї труби відгалуження. У зв'язку з тим, що засувки і відгалуження приєднані послідовно, параметр потоку відмов вузла дорівнює сумі потоків відмов його елементів.

Розрахунок параметра потоку відмов вузла  $\lambda_\theta$  при довжині відгалужень в 0,4 км та наявності 8 засувок дає значення

$$\lambda_\theta = 0,002 \cdot 8 + 2 \cdot 0,05 \cdot 0,4 = 0,056 \text{ рік}^{-1}.$$

До відмови системи теплопостачання приводять наступні аварійні ситуації: 1) відмова головного вузла засувок 11, 17 з потоком відмов  $\lambda_3=4 \cdot 0,002=0,008$  та недоотримання тепла  $\Delta Q_j(t)=Q_0=200$  МВт; 2) відмова довільного вузла приєднання одного (а чи б) із споживачів (КРП) з потоком відмов  $\lambda_\theta=0,056$  та недоотримання тепла  $\Delta Q=5,0$  МВт (таких ситуацій 10).

Сума параметрів потоку відмов буде складати

$$\lambda_\Sigma = 0,008 + 0,056 \cdot 10 = 0,568 \text{ рік}^{-1}.$$

Значення  $\Sigma Q_j(t) \cdot \lambda_{j,i}$  розраховується

$$\Sigma Q_j(t) \cdot \lambda_{j,i} = 10 \cdot 5,0 \cdot 0,056 + 200 \cdot 0,008 = 4,4 \text{ МВт/рік}.$$

Показник надійності теплової мережі  $R_3(0,56)$  відповідно до залежності (10) дорівнює

$$R_3(0,56) = 1 - [1 - \exp(-0,568 \cdot 0,56)] \cdot 4,4 / 0,568 \cdot 200 = 0,989.$$

Таким чином, ненадійність експлуатації теплової мережі варіанту 3 в порівнянні з варіантом 2, зменшилась в  $(1-0,958)/(1-0,989)=4,0$  рази, а в порівнянні з тепломережею варіанту 1 зменшилась в  $(1-0,882)/(1-0,989)=11,18$



рази. При проектуванні і будівництві теплової мережі за варіантом 3 (з перемичкою та обв'язкою вузлів секційними та резервуючими засувками) можливі аварійні ситуації, пов'язані з ушкодженням трубопроводів, але при безвідмовній роботі засувки аварія на трубопроводах не призведе до недоотримання тепла споживачами.

Для «літнього» періоду роботи теплової мережі протягом  $t=0,44$  року розглянуті варіанти  $1^s$ ,  $2^s$ ,  $3^s$ , які аналогічні варіантам 1, 2, 3. Відмінність полягає також в зміні загальної потужності теплової мережі від  $Q_0=200$  МВт до значення  $Q_0^s=50$  МВт. В результаті розрахунків отримані наступні значення показників надійності  $R_1^s(0,44)=0,903$ ;  $R_2^s(0,44)=0,965$ ;  $R_3^s(0,44)=0,986$ .

З метою отримання більшого масиву даних значень показника надійності  $R(t)$ , нижче наведені результати прикладів розрахунку, які запозичені з підручника [2]. В прикладах розглянута більш потужна тепла система з котельнею (ТЕЦ) потужністю  $Q_0=1000$  МВт. Конструктивна схема теплової мережі аналогічна схемі, зображеній на рис. 1. Довжина ділянок 1-10 складає  $l_m=1$  км для кожного трубопроводу (подавального та зворотного). Довжина кожного відгалуження ( $a$  чи  $b$ ) складає  $l_e=0,5$  км. Потік відмов для довгих трубопроводів прийнято  $w_m=0,1$  (км·рік) $^{-1}$ , для засувки –  $w_s=0,002$  рік $^{-1}$ . Для опалювального періоду роботи теплової мережі її конструктивні варіанти позначено як 4, 5, 6, а для «літнього» періоду року як  $4^s$ ,  $5^s$ ,  $6^s$ . Отримані результати досліджень наведені в табл. 3.

Таблиця 3.

Значення показника надійності теплових мереж в залежності від конструкції та періоду (сезону) року

Варіант конструкції	1	2	3	4	5	6
Потужність, $Q_0$ , МВт	200	200	200	1000	1000	1000
Показник $R_i(0,56)$	0,882	0,958	0,989	0,730	0,908	0,973
Варіант конструкції	$1^s$	$2^s$	$3^s$	$4^s$	$5^s$	$6^s$
Потужність $Q_0^s$ , МВт	50	50	50	250	250	250
Показник $R_i^s(0,44)$	0,903	0,965	0,986	0,740	0,914	0,977

Результати розрахунків, які наведені в табл. 3, показують, що значення показника надійності має наступний характер його зміни:

а) з ускладненням конструкції теплової мережі показник надійності  $R(t)$  зростає ( $R_1(t)<R_2(t)<R_3(t)$ ;  $R_4(t)<R_5(t)<R_6(t)$ ) як для опалювального періоду, так і для «літнього» періоду;

б) порівняно короткі за протяжністю теплові системи з середньою потужністю мають більшу надійність, ніж довгі та великопотужні теплові мережі ( $R_1(t)>R_4(t)$ ;  $R_2(t)>R_5(t)$ ;  $R_3(t)>R_6(t)$ );

в) при однаковій конструкції теплової мережі в «зимовий» та «літній» періоди роботи мають майже однакові значення показників надійності ( $R_i(0,56)\approx R_i^s(0,44)$ ) при  $i=1, 2, \dots, 6$ .

**Висновки.** Проведені дослідження (табл. 3) дозволяють сформулювати наступні практичні рекомендації:

1. При проектуванні і будівництві теплових мереж бажано здійснювати кільцювання окремих гілок теплової мережі за допомогою перемичок і обладнанням вузлів трубопроводів по одній секційній засувці на кожний трубопровід (варіанти 2 та 5).

2. Для забезпечення практично безвідмовної роботи двотрубною тепловою мережі кожен з вузлів трубопроводів (подавальний та зворотній теплопроводи) бажано облаштувати двома секційними засувками та двома засувками на кожне відгалуження (варіанти 3 та 6).

3. Підвищення надійності роботи теплових мереж, що досягається кільцюванням гілок мережі та її повним секціюванням, дозволяє забезпечити безперебійне постачання теплової енергії абонентам і зменшити енергетичні витрати теплоносія при усуненні аварій на окремій ділянці теплопроводу, а також скоротити час перезапуску тепломережі на повну потужність.

### **Література**

1. *ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014*. Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків / Мінрегіон України. – К. : 2014. – 71 с.
2. *Ионин А. А.* Теплоснабжение / *А. А. Ионин, Б. М. Хлыбов, В. Н. Братенко, Е. Н. Терлеукая.* – М. : Стройиздат, 1982. – 336 с., ил.
3. *Медведев М. Г.* Теорія ймовірностей та математична статистика: підручник / *М. Г. Медведев, І. О. Пащенко.* – К. : «Ліра-К», 2008. – 536 с.

### **ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ В ОТОПИТЕЛЬНЫЙ И НЕОТОПИТЕЛЬНЫЙ СЕЗОНЫ ГОДА**

*Голышев А. М., Деньгуб В. И., Деньгуб Т. В., Филонова К. А.*

Предлагается обоснование расчетной формулы показателя надежности тепловой сети на основе классической теории вероятности.

Исследована зависимость показателя надежности от конструктивных особенностей тепловой сети для отопительного и неотопительного сезонов года.

### **EVALUATION OF RELIABILITY OF THERMAL NETWORKS OF HEATING AND NON-HEATING SEASONS**

*Alexander M. Golyshev, Vitaly I. Dengub, Timur V. Dengub, Katherine A. Filonova*

Proposed justification of the formulas of the reliability of the heat network on the basis of the classical theory of probability.

The dependence of the reliability index from the constructional features of the heat network for heating and non-heating seasons.

## ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ТУРБУЛЕНТНИХ ТЕЧІЙ У ПРИМІЩЕННЯХ

<sup>1</sup>Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», Україна

<sup>2</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

*В роботі отримано узагальнену форму рівняння балансу енергії для неквазіусталених потоків, одержано рівняння балансу енергії усереднених потоків. Для вільної плоскої струмни отримано розподіл витрати енергії на спонуку ежекції та на турбулентну дисипацію.*

**Постановка проблеми.** Підвищення енергоефективності вентиляції та кондиціонування повітря пов'язано з ефективною організацією повітрообміну. Дослідження організації повітрообміну в основному виконуються експериментально, що підвищує вартість відповідних технічних рішень. Тому розробка аналітичних підходів до підвищення точності розрахунку течій у приміщеннях дозволяє підвищити продуктивність праці розробників вентиляційного обладнання та знизити собівартість повітророзподільного й повітрозабірного обладнання.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Практично всі теорії затоплених вільних ізотермічних струмин базуються на законі збереження кількості руху. При цьому рівняння енергії потоків (Бернуллі) практично не використовується через відповідні обмеження області застосування [1]:

- рух має бути усталеним (як мінімум квазіусталеним);
- рух має бути плавномінімним, тобто можна знехтувати поперечною складовою швидкості, тоді розподіл суми статичного та гідростатичного тиску в поперечному перерізі є рівномірним;
- потік не повинен розділятися та зливатися (всі трубки течії проходять початковий та кінцевий перерізи).

Всупереч цим умовам затоплені струмини ежектують навколишнє повітря, а всередині відбувається інтенсивне перемішування часток за рахунок великомасштабних вихорів – клубів. В. М. Ельтерман [2] запропонував напрямок теоретичних досліджень ефективності організації повітрообміну на базі енергетичного балансу приміщення. Однак, у роботі за цим підходом було одержано лише критерій подібності  $K$ , але немає отриманих на його базі конкретних результатів для різних видів приміщень. Як показав С. Е. Бутаков [3], дослідження струминних течій на базі закону збереження кількості руху дає похибку 15 % і більше. Авторами даної роботи [4] дано пояснення такому явищу. Вплив низькочастотних пульсацій швидкості, спричинених обертанням

клубів, має бути врахований при інтегруванні «секундної» кількості руху. Було запропоновано узагальнену форму рівняння кількості руху для неквазіусталених течій та введено поняття усередненого потоку.

Усереднюваним за часом  $\Delta t$  з похибкою  $\varepsilon$  можна вважати потік, для якого усереднені густина, кількість руху, питома енергія та інші фізичні величини за об'ємом у будь-якій фіксованій контрольній поверхні та за проміжком часу завдовжки  $\Delta t$  не залежать від початку відліку проміжку часу у межах похибки  $\varepsilon$ .

До таких потоків належить періодичний потік – це потік, у кожній точці якого всі параметри через певний період часу  $\Delta t$  набувають однакового значення. Для нього  $\varepsilon = 0$ .

Запропоновано поправку  $\beta_T$  до секундної кількості руху, на яку слід множити коефіцієнт Бусинеска. Отримане на підставі геометричного аналізу макроструктури струминного прибережного шару значення поправки  $\beta_T$  становить 1,11 [4], що лише на 4 % менше отриманої С. Е. Бутаковим похибки – 15 %.

Пулсації параметрів турбулентних потоків спричиняються вихорами, а роль в'язкості в таких потоках є опосередкованою. На підставі цього професор кафедри теплогазопостачання і вентиляції Київського національного університету будівництва і архітектури А. Я. Ткачук розробив теорію турбулентних прибережних шарів на базі методу особливостей [5]. Турбулентний потік розглядається як потік ідеальної рідини, а поверхні розриву тангенціальної складової швидкості подаються як вихрова пелена. Струминний прибережний шар складається з великомасштабних вихорів – клубів. За теорією проф. А. Я. Ткачука з урахуванням візуальних досліджень у плоских струминах вони [4] утворюють дві вихрові пелени у шаховому порядку (рис. 1, а), а у струминах, що настиляються на поверхні, одну вихрову пелену, що котиться вільною межею, а біля стінки межує з пристінним прибережним шаром.

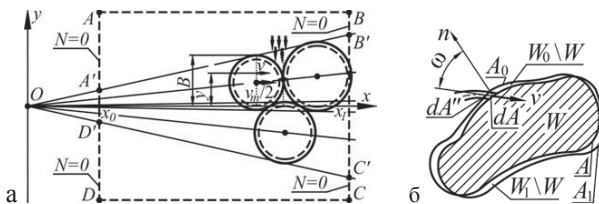


Рис. 1. Визначення енергії не квазіусталеної течії:  
а – схема вільної затопленої струмини, б – схема довільної течії

**Формулювання цілей і завдання статті.** Метою роботи є побудова більш загального вигляду рівняння механічної енергії, придатного для струминних течій та інших потоків приміщення, задля більш точної оцінки їхнього енергетичного балансу.

**Основна частина.** Розглянемо довільну течію (рис. 1, б) аналогічно до роботи [4]. Виділимо масу  $m$  у об'ємі  $W_0$ , що обмежений замкненою контрольною поверхню  $A_0$ . За елементарний проміжок часу  $d\tau$ , що відлічується

від моменту часу  $\tau_0$ , маса  $m$  займе фігуру  $W_1$ . Вона обмежена поверхнею  $A_1$ , нескінченно близькою до  $A_0$ . Виділена множина частинок середовища залишається однією і тією ж. Потік фактично відбувся. Тому положення кожної частинки, її швидкість  $v$  та зовнішні сили залежать лише від часу [4]. Уведемо об'єм  $W = W_0 \cap W_1$ , якому належать усі точки, що одночасно належать обома фігурам. Він обмежений поверхнею  $A$ .

Запишемо енергетичний баланс за механічною енергією виділеної маси  $m$  з урахуванням нескінченної близькості поверхонь  $A$ ,  $A_0$  та  $A_1$ . Оскільки статичний тиск  $p_c$  є потенціальною енергією одиниці об'єму, то потенціальна енергія одиниці маси дорівнює відношенню  $p_c / \rho$  статичного тиску  $p_c$  до густини  $\rho$ . Різниця механічної енергії виділеної маси  $m$  при русі від початкового  $W_0$  до кінцевого  $W_1$  об'ємів за час  $d\tau$  дорівнює втратам енергії  $dE$

$$\begin{aligned} & \left( \int_m (gz + (p_c / \rho) + (v^2 / 2)) dm \right)_{\tau_0} - \left( \int_m (gz + (p_c / \rho) + (v^2 / 2)) dm \right)_{\tau_0 + d\tau} = \\ & = d \int_m (gz + (p_c / \rho) + (v^2 / 2)) dm = dE. \end{aligned} \quad (1)$$

Індекс біля дужок означає момент часу інтегрування. Перейдемо в рівнянні (1) від маси  $m$  до займаного нею об'єму  $W$ . Елементарний об'єм прийнятий настільки малим, що густина середовища в ньому може вважатися постійною. Швидкість і густина в кожній точці простору для конкретного неусталеного потоку, що вже фактично відбувся, є функцією лише від часу. Тоді рівняння (1) набуде вигляду:

$$\begin{aligned} & \left( \int_W \frac{d \left( \rho gz + p_c + \frac{\rho v^2}{2} \right)}{d\tau} dW \right) d\tau + \left( \int_{W_1} \left( \rho gz + p_c + \frac{\rho v^2}{2} \right) dW \right)_{\tau_0} - \\ & - \left( \int_{W_0} \left( \rho gz + p_c + \frac{\rho v^2}{2} \right) dW \right)_{\tau_0 + d\tau} = dE, \end{aligned} \quad (2)$$

де  $W_1 \setminus W$  – це різниця множин точок фігур  $W_i$  ( $i=1, 2$ ) та  $W$ , тобто частина фігури  $W_i$ , що не входить до  $W$ .

Обидві різниці складаються з фрагментів елементарних трубок течії, що втікають і витікають з заповненням усього об'єму. Якщо ці фрагменти прийняти достатньо малими (час  $d\tau$  достатньо коротким), то швидкість  $v$  у їхніх межах можна вважати сталою. Фрагменти цих трубок наближаються до урізаних конусів або пірамід. Об'єм кожної з них [4]:

$$dW = v_n d\tau \left( dA + \sqrt{dA dA''} + dA'' \right) / 3 = dA' v_n d\tau = dA' v \cos(\omega) d\tau, \quad (3)$$

де  $v_n = v \cos(\omega)$  – проекція швидкості на локальну нормаль  $n$  до поверхні  $A$ ;  $\omega$  – кут між нормаллю  $n$  та вектором швидкості;  $dA'$  – площа перерізу, паралельного основам, що дає еквівалентний об'єм. Ця площа є середнім арифметичним із значень площ основ та їхнього середнього геометричного. Тому переріз  $A'$  завжди існуватиме в межах урізаного конуса (піраміди), а не на його продовженнях за першою теоремою про середнє. При прямуванні до нуля періоду часу  $dt$  всі перерізи урізаного конуса (піраміди) стягуються до основи  $dA$ . Задіємо всю поверхню  $A$  шляхом доповнення лівої частини рівняння (2) аналогічним нульовим інтегралом за аналогічним нульовим об'ємом, де на поверхні  $A$  швидкість  $v_n$  дорівнює нулю. Після перетворень рівнянь (2) та (3) одержимо рівняння енергії у формі “секундної енергії”, тобто потужності  $N$  з двома варіантами лівої частини:

$$\begin{aligned} & \left[ d \left( \int_W \left( \rho g z + p_c + \frac{\rho v^2}{2} \right) dW \right) / dt \right] + \oint_A \pm \left( \rho g z + p_c + \frac{\rho v^2}{2} \right) v \cos(\omega) dA = \\ & \left[ d \left( \int_W \left( \rho g z + p_c + \frac{\rho v^2}{2} \right) dW \right) / dt \right] + \oint_A \pm \left( \rho g z + p_c + \frac{\rho v^2}{2} \right) v_n dA = \frac{dE}{dt} = N. \end{aligned} \quad (4)$$

$N$  – це потужність втрат енергії при проходженні потоком об'єму  $W$ . Якщо в потоку немає пристрою перетворення механічної енергії (наприклад, турбіни), то ця потужність дорівнює потоку теплоти, який розсіюється до навколишнього середовища. Знак плюс відповідає витіканню потоку з даного контуру і мінус – втіканню. Член у квадратних дужках та права частина мають різний фізичний зміст. Права частина показує зміну енергії зафіксованих часток, що протікають через об'єм  $W$  за час  $dt$ . Інтеграл у квадратних дужках дає повну енергію всіх частинок потоку, що знаходиться у фіксованому об'ємі  $W$  у будь-яку мить часу. Перелік цих частинок постійно змінюється за рахунок втікання і витікання, але об'єм залишається фіксованим. Тому в усталених течіях цей інтеграл є постійним, а член у квадратних дужках дорівнює нулю. Крім цього, усі підінтегральні вирази не залежать від часу. У не квазіусталених течіях ані перше ані друге неправильно.

Для початкового 1 та кінцевого 2 живих перерізів усталеного плавномірного потоку в нерозгалуженому трубопроводі  $\cos(\omega) = 1$ , член у квадратних дужках дорівнює нулю, а рівняння (4) зводиться до рівняння Бернуллі з використанням коефіцієнта Коріоліса  $\alpha$  [1].

Для розгалуженої мережі між перерізами з плавномірним потоком рівняння (4) набуде більш складного вигляду:

$$\sum_{i=1}^n \pm \int_{A_i} \left( \rho g z + p_c + \frac{\rho v^2}{2} \right) v dA = N, \quad (5)$$

де знак плюс відповідає перерізам, якими потік втікає до мережі, а мінус – витікає. Це рівняння не має практичного сенсу для гідравлічного розрахунку трубопроводних мереж, які діляться на нерозгалужені ділянки, однак є проміжним етапом розгляду енергетичного балансу більш складних течій, які можуть бути з певною точністю подані як зазначені. Беремо інтеграли (5) з урахуванням рівномірного розподілу статичного плюс гідростатичного тиску плавномірного потоку. Отримуємо:

$$\sum_{i=1}^n \pm \left( \rho_i g z_i + p_{c,i} + \alpha_i \frac{\rho_i v_i^2}{2} \right) L_i = N, \quad (6)$$

де  $\rho_i$  – значення густини в точці (наприклад, центрі) перерізу  $i$ ;  $z_i$  – висота цієї ж точки перерізу  $i$  (адже  $\rho_i g z_i + p_{c,i} \approx \text{const}$ );  $p_{c,i}$  – статичний тиск у тій же точці перерізу  $i$ ;  $v_i$  – середнє за площею значення швидкості в перерізі  $i$ ;  $\alpha_i$  – коефіцієнт Коріоліса в перерізі  $i$ :

$$\alpha_i = \frac{A_i^2 \int \rho v^3 dA}{\rho_i \left( \int v dA \right)^3} = \frac{\int \rho v^3 dA / A_i}{\rho_i \left( \int v dA / A_i \right)^3} = \frac{\int \rho v^3 dA / A_i}{\rho_i v_i^3} \approx \frac{\int v^3 dA / A_i}{v_i^3} = \frac{(v^3)_i}{v_i^3}. \quad (7)$$

У рівнянні (7) частини після знака « $\approx$ » точні в разі постійної густини в перерізі. Рівняння (6) показує, що при злитті потоків повні тиски мають ваговий коефіцієнт, який дорівнює об'ємній витраті. Це в точності відповідає даним [6], що потужність спонуки руху потоку дорівнює добутку повного тиску та об'ємної витрати.

Для усередненого потоку помножимо обидві частини рівняння (4) на  $dt$  та проінтегруємо за період часу  $\Delta t$ , після чого поділимо обидві частини на  $\Delta t$ . Інтеграл члена у квадратних дужках стане нульовим. Отримаємо рівняння енергії усереднених потоків у формі потужності:

$$\oint_{\Delta t A} \pm \left( \rho g z + p_c + \frac{\rho v^2}{2} \right) v \cos(\omega) dA \tau / \Delta t = N. \quad (8)$$

Розглянемо частинні випадки  $N_i$  інтегрування лівої частини рівняння (8) за фрагментами  $A_i$  поверхні  $A$ . Для плоских живих перерізів із квазіусталеюю течією, наприклад, на виході з повіторозподільної щілини (отвору), використовується ліва частина рівняння (6) з коефіцієнтом Коріоліса у формі (7). Якщо ж течія у плоскому живому перерізі є лише усередненою, то форма рівняння ускладниться. Поняття «поперечний» переріз означає, що усереднений у кожній точці потоку в перерізі напрямок швидкості нормальний до перерізу. За таких умов

$$N_i = \iint_{\Delta\tau A_i} \pm \left( \rho g z + p_c + \frac{\rho v^2}{2} \right) v \cos(\omega) dA d\tau / \Delta\Delta = \pm \left( k_p (\rho_i g z_i + p_{c,i}) + \alpha_{tot} \frac{\rho_i v_i^2}{2} \right) \times \\ \times L_i = \pm \left( k_p (\rho_i g z_i + p_{c,i}) + \alpha \alpha_T \frac{\rho_i v_i^2}{2} \right) L_i, \quad (9)$$

де  $k_p$  – поправка на неусталеність тиску, яка подібна за формою до коефіцієнта поля, однак усереднення відбувається за витратою:

$$k_p = \frac{\int \int_{L_i} (\rho g z + p_c) dL d\tau}{L_i \Delta\tau (\rho_i g z_i + p_{c,i})}, \quad dL = v \cos(\omega) dA; \quad (10)$$

$\alpha_{tot}$  – загальний коефіцієнт Коріоліса,  $\alpha$  – коефіцієнт Коріоліса, а  $\alpha_T$  – поправка на неквазіусталеність течії:

$$\alpha_{tot} = \frac{\int \int_{\Delta\tau L_i} \rho v^2 dL d\tau}{L_i \Delta\tau \rho_i v_i^2} = \frac{\int \int_{\Delta\tau L_i} \rho v^3 \cos(\omega) dA d\tau}{A_i \Delta\tau \rho_i v_i^3}, \quad (11)$$

$$\alpha = \frac{\int_{A_i} \left( \int_{\Delta\tau} v \cos(\omega) d\tau \right)^3 dA}{A_i \Delta\tau^3 v_i^3} = \frac{\int_{A_i} \left( \int_{\Delta\tau} v_n d\tau \right)^3 dA}{A_i \Delta\tau^3 v_i^3}, \quad (12)$$

$$\alpha_T = \frac{\alpha_{tot}}{\alpha} = \frac{\Delta\tau^2 \int \int_{\Delta\tau A_i} \rho v^3 \cos(\omega) dA d\tau}{\rho_i \int \int_{A_i \setminus \Delta\tau} \left( \int_{\Delta\tau} v \cos(\omega) d\tau \right)^3 dA} = \frac{\Delta\tau^2 \int \int_{\Delta\tau A_i} \rho v_n^3 \cos^2(\omega) dA d\tau}{\rho_i \int \int_{A_i \setminus \Delta\tau} \left( \int_{\Delta\tau} v_n d\tau \right)^3 dA}. \quad (13)$$

У рівнянні (13) при  $\omega = \pm \pi/2$  невизначеність  $v_n^3 \cos^2(\omega) = 0/0$  завжди розкривається як нуль. Оскільки енергія на відміну від кількості руху є скалярною величиною, то форма коефіцієнтів  $\alpha$  (12) і  $\alpha_T$  (13) ускладнена наявністю  $\cos(\omega)$ . Якщо в перерізі  $i$  густина постійна, то у формулах (11) і (13) вона має бути скорочена.

Для потоків повітря в системах вентиляції у загальному випадку за [7] слід замінити  $\rho g z + p_c$  на надлишковий статичний тиск  $\Delta p_c$ , а різницю густини врахувати як дію гравітаційних сил. Для приміщень з атмосферним тиском  $\Delta p_c = 0$ .

Для вільних струмин у нерухомому середовищі виділяємо контур  $ABCD$  (рис. 1 а) між абсцисами  $x_0$  та  $x_1$ . Відрізки  $AB$  та  $CD$  приймаються на достатній відстані, щоб потік, який підтікає, був плавнотзмінним та квазіусталеним. Перетин контура з межами струмини позначено відповідними літерами з і



штрихом. Якщо  $x_0 = 0$ , то відрізок  $A'D'$  збігається з випуском повітря. Тоді потік у цьому перерізі квазіусталений і описується рівняннями (6) і (7). Якщо переріз  $A'D'$  або  $B'C'$  розташовано на основній ділянці струмини, то для нього застосовуємо рівняння (9-13). Отримана поправка (13)  $\alpha_T = 1,15$ . Для порівняння підраховано значення поправки ( $\alpha_T = 1,04$ ) без урахування пульсацій напрямку руху ( $\cos(\omega) = 1$ ). Тобто врахування пульсацій напрямку дозволяє уточнити енергію потоку на  $100 \cdot (1,15 - 1,04) / 1,15 = 9,57 \%$ . Крізь частини перерізу  $AA'$ ,  $BB'$ ,  $CC'$  та  $DD'$  потік не проходить, а значить  $N = 0$ . Крім цього, до балансу долучається енергія потоку, що підтікає до струмини. Його швидкість пропорційна осьовій. У роботі [8] це показано на підставі формул [7], які без використання дослідних даних підтверджені в роботі [9]. Тому даний результат можна вважати аналітично обґрунтованим, однак числові коефіцієнти мають бути уточнені, оскільки пораховані при профілі швидкості за Шліхтингом [7], а не за даними [4]. Для найбільш простого випадку основної ділянки вільної плоскої струмини, що витікає зі щілини завширшки  $2B_0$  за профілем швидкості [4] підраховано основні інтегральні характеристики профілю усередненої швидкості: коефіцієнт поля швидкості  $k = 0,4720 \approx 0,47$ ; коефіцієнт Бусинеска  $\beta = 1,4221 \approx 1,42$ ; коефіцієнт Кориоліса  $\alpha = 2,2996 \approx 2,30$ . За цими характеристиками за формулами [7] відносна осьова швидкість, віднесена до початкової  $v_0$ ,  $v_m / v_0 = 3,79 / (x / B_0)^{1/2}$ ; відносна середня швидкість  $v_i / v_0 = 1,79 / (x / B_0)^{1/2}$ ; половина площі перерізу на одиницю глибини струмини  $B/B_0 = 0,22 (x / B_0)$ ; вільний периметр меж струмини в перерізі на одиницю глибини  $\chi = 2$ ; відносна витрата, віднесена до початкової  $L_0$ ,  $L/L_0 = 0,393 (x / B_0)^{1/2}$ . Швидкість підтікання [8] у напрямку, нормальному до осі (без урахування косинуса кута розширення, який був урахований у роботі [8]),  $v_e / v_0 = d(v_i A) / (\chi_e v_0 dx) = 0,1967 / (x / B_0)^{1/2} \approx 0,2 / (x / B_0)^{1/2} = 0,052 v_m$ . Початкова секундна кінетична енергія потоку (потужність)  $N_0 = \rho B_0 v_0^3$ . Секундна кінетична енергія (потужність) у перерізі, віднесена до початкової, з урахуванням поправки (13)  $N_{A'D', B'C'} / N_0 = 1,15 \cdot 2,89 / (x / B_0)^{1/2} = 3,33 / (x / B_0)^{1/2}$ . Для потоку, що підтікає, коефіцієнт Кориоліса є несталим, тому підрахунок ведеться безпосередньо за формулою (5). Після ділення на  $N_0$ :  $N_{AB} = N_{CD} = 0,0076 (x_0 / B_0)^{-1/2} - 0,0076 (x_1 / B_0)^{-1/2}$ . Таким чином, рівняння балансу енергії контуру (8) набуває вигляду  $(N_{A'D'} / N_0) - (N_{A'D'} / N_0) + (N_{AB} / N_0) + (N_{CD} / N_0) = N / N_0$  або

$$3,33 ((x_0 / B_0)^{-1/2} - (x_1 / B_0)^{-1/2}) + 0,015 ((x_0 / B_0)^{-1/2} - (x_1 / B_0)^{-1/2}) = 3,345 ((x_0 / B_0)^{-1/2} - (x_1 / B_0)^{-1/2}) = N / N_0. \quad (14)$$

Другий член лівої частини рівняння (14) виражає витрату потужності на спонуку підсмоктування до струмини ( $100 \cdot 0,015 / 3,345 = 0,45 \%$ ), а перший член – інші витрати потужності ( $100 \cdot 3,33 / 3,345 = 99,55 \%$ ), які необхідні для підтримання турбулентної макроструктури струмини, тобто на турбулентну дисипацію та відновлення зруйнованих клубів.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Одержано рівняння балансу енергії для не квазіусталених потоків. Отримано формулу поправки на неквазіусталеність для усереднених потоків, на яку слід множити коефіцієнт Коріоліса. Для плоских струмин ця поправка дорівнює 1,15. Рівняння балансу енергії основної ділянки вільної струмини показує, що лише 0,45 % енергії йде на спонуку ежекції, а 99,55 % енергії витрачається на турбулентну дисипацію та підтримання турбулентної макроструктури. Одержані рівняння дозволяють виконувати аналіз енергії потоків повітря у приміщенні з урахуванням великомасштабних вихрових утворень при визначенні ефективності різних схем організації повітрообміну.

## Література

1. *Альтицуль А. Д.* Гидравлика и аэродинамика (основы механики жидкости): учеб. Для ВУЗов / *А. Д. Альтицуль, П. Г. Киселёв.* – М. : изд-во лит-ры по строит., 1965. – 274 с.
2. *Эльтерман В. М.* Вентиляция химических производств. Издание 2-е, перераб. / *В. М. Эльтерман* – М. : Химия, 1980. – 288 с.
3. *Бутаков С. Е.* О количестве движения и методе расчета изотермических струй. / *С. Е. Бутаков* // Теория и расчет вентиляционных струй. – Л., 1965, с. 86–95.
4. *Гумен О. М.* Визначення кількості руху струминних течій. / *О. М. Гумен, В. Б. Довгалюк, В. О. Мілейковський* // Науково-технічний збірник “Енергоефективність в будівництві та архітектурі”. – К. : КНУБА, 2014. – Вип. 6. – С. 68–75.
5. *Ткачук А. Я.* Аеродинаміка вентиляції: Навчальний посібник / *А. Я. Ткачук, В. Б. Довгалюк.* – ІВНВКП «Укреліотех», 2009. – 376 с.
6. *Калинушкин М. П.* Насосы и вентиляторы: Учебное пособие для вузов. Издание 6-е, перераб. и доп. / *М. П. Калинушкин.* – М. : Высшая школа, 1987. – 176 с.
7. *Талиев В. Н.* Аэродинамика вентиляции: Учеб. пособие для вузов / *В. Н. Талиев.* – М. : Стройиздат, 1979. – 295 с.
8. *Мілейковський В. О.* Закономірності підтікання повітря до струмини / *В. О. Мілейковський* // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: Науково-технічний збірник. – К. : КНУБА, 2002. – Вип. 5. – С. 22–25.
9. *Мілейковський В. О.* Геометричний аналіз розширення та затухання вільних плоских струмин / *В. О. Мілейковський* // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: Науково-технічний збірник. – К. : КНУБА, 2012. – вип. 16. – С. 3–8.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ТУРБУЛЕНТНЫХ ТЕЧЕНИЙ В ПОМЕЩЕНИЯХ**

*Гумен Е. Н., Довгалиук В. Б., Милейковский В. А.*

В работе получена обобщённая форма уравнения баланса энергии для неквазиустановившихся потоков, получено уравнение баланса энергии усредняемых потоков. Для свободной плоской струи получено распределение расхода энергии на побуждение эжекции и на турбулентную диссипацию.

## **DETERMINATION OF THE MECHANICAL ENERGY OF TURBULENT FLOWS IN ROOMS**

*O. Gumen, V. Dovgaliuk, V. Mileikovskyi*

We obtain the generalized form of the energy balance equation for non-steady flows and the energy balance equation for flows with averaging possibility. For a free flat jet the energy flow distribution is obtained for ejection motive and turbulent dissipation.

## ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗА СКЛАДНОЮ МАТЕМАТИЧНОЮ МОДЕЛЛЮ

<sup>1</sup>Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут”, Україна

<sup>2</sup>Київський Національний Університет Будівництва і Архітектури, Україна

*Наведено підхід до апроксимації результатів досліджень нелінійною математичною моделлю на прикладі дослідження теплообміну для умов індивідуального теплопостачання в плівковому теплообмінному апараті, розробленому на кафедрі теплогазопостачання і вентиляції Київського національного університету будівництва і архітектури.*

**Постановка проблеми.** При дослідженні складних фізичних явищ виникають проблеми математичного опису результатів, коли математична модель явища є нелінійною відносно експериментальних констант, а особливо, коли вона виражається системою рівнянь. Існує простий спосіб визначення експериментальних констант для випадку, коли математична модель зводиться до лінійної відносно цих констант елементарними перетвореннями. Однак, коли це неможливо, наприклад, при неявному заданні функції відгуку, необхідно шукати шляхи для визначення дослідних констант.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Математичні моделі, лінійні відносно експериментальних констант розглянуті в багатьох довідниках, підручниках та посібниках з аналізу експериментальних даних [1 – 3]. При дослідженні тепловіддачі від стінки до рідини або газу математична модель є добутком критеріїв подібності у певних степенях, що є експериментальними константами [4]. Логарифмування зводить таку модель до лінійної відносно коефіцієнтів, а вихідними факторами має бути прийняти логарифми критеріїв подібності [4]. Проблеми виникли при дослідженні плівкового теплоутилізатора, розробленого на кафедрі теплогазопостачання і вентиляції Київського національного університету будівництва і архітектури [4] (автори: канд. техн. таук, професор Ю. К. Росковшенко та канд. техн. таук Є. О. Кезля). Він складається із секцій, зварених з двох піддатливих плівкових листів з утворенням каналів для води (рис. 1). Повітря переміщується в просторі між секціями. Зварний шов виконаний з отворами для пропуску повітря. Такий теплообмінник доцільно застосувати для глибокої утилізації відхідних газів для індивідуального теплопостачання

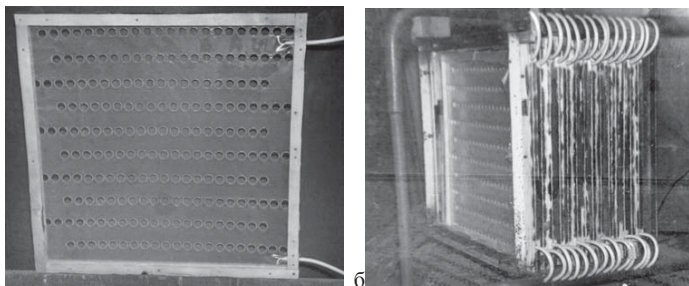


Рис. 1. Конструкція теплообмінника: а – секція, б – зібраний теплообмінник

Рис. 1 а показує, що поворот теплоносія з одного каналу до іншого має складну геометричну форму, що збурює потік та інтенсифікує теплообмін. Коливання листів при русі теплоносіїв теж інтенсифікує теплообмін. Тому встановлення датчиків температури на плівці порушує піддатливість і суттєво впливає на теплообмін. Таким чином, дослідження окремо тепловіддачі з кожного боку плівки є складною задачею. Більш ефективно досліджувати теплопередачу в теплообміннику в цілому.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Метою даної роботи є пошук підходу до апроксимації складною математичною моделлю на прикладі дослідження теплообміну в плівковому теплообміннику для індивідуального тепlopостачання.

**Основна частина.** Фізичні властивості води, вологого повітря та плівки (поліетилен) відомі з достатньою точністю [5 – 11].

Основною проблемою дослідження теплопередачі є нелінійна форма функції відгуку – коефіцієнта теплопередачі  $k$ , Вт/(м<sup>2</sup> °С), що складена за аналогією до досліджень Є.А. Кезлі [4]:

$$\hat{k} = \frac{1}{\frac{1}{b_{2,1} Re_{\text{ПГС}}^{b_{2,2}}} \frac{d_{e,\text{ПГС}}}{\lambda_{\text{ПГС}}} + \frac{\delta_{\text{cm}}}{\lambda_{\text{cm}}} + \frac{d_e}{\lambda} \frac{1}{b_{1,1} (Re Pr_d / \ell)^{\gamma_{1,2}} (Gr' Pr)^{\gamma_{1,3}} \Delta t_1^{\gamma_{1,3}} \Delta \ell^{\gamma_{1,4}}}}, \quad (1)$$

де  $b_{i,j}$  – шукані коефіцієнти апроксимації;  $Re_{\text{ПГС}} = v_{\text{ПГС}} d_{e,\text{ПГС}} / \nu_{\text{ПГС}}$  – число Рейнольдса для парогазової суміші;  $v_{\text{ПГС}}$  – швидкість парогазової суміші, м/с;  $d_{e,\text{ПГС}} = \chi / \pi$  – визначальний зовнішній розмір каналів, м;  $\chi$  – периметр каналу, м;  $\nu_{\text{ПГС}}$  – кінематична в'язкість парогазової суміші, м<sup>2</sup>/с;  $\lambda_{\text{ПГС}}$  – коефіцієнт теплопровідності парогазової суміші, Вт/(м °С);  $d_e$  – внутрішній еквівалентний діаметр каналів, м;  $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності води, Вт/(м °С);  $Re = v d_e / \nu$  – число Рейнольдса для води;  $\nu$  – швидкість води, м/с;  $Pr$  – число Прандтля для води;  $\ell$  – характерна довжина внутрішньої порожнини каналів для врахування стабілізації теплообміну після зміни структури потоку теплоносія (вхід, поворот), яка дорівнює довжині однієї прямої ділянки каналу секції;  $Gr' = g \beta d_e^3 / \nu^2$  – розмірна константа у числі Грасгофа для води, К<sup>-1</sup>, причому само число Грасгофа становить  $Gr = Gr' \Delta t_1$ ;  $g$  – місцеве значення прискорення

вільного падіння,  $\text{м/с}^2$ ;  $\beta$  – коефіцієнт об’ємного розширення води,  $\text{K}^{-1}$ ;  $\Delta t_1 = \tau - t_1$  – перепад температури,  $^{\circ}\text{C}$ , між середньою температурою внутрішньої поверхні каналу  $\tau$ ,  $^{\circ}\text{C}$ , та початковою температурою води  $t_1$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ,  $\Delta \ell = \alpha_{cm} \tau$  – безрозмірний параметр видовження стінки;  $\alpha_{cm}$  – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу стінки,  $\text{K}^{-1}$ .

Математична модель (1) ускладнюється за рахунок невідомого значення  $\tau$ . Ця величина визначається з додаткового рівняння рівності середнього теплового потоку  $q$ ,  $\text{Вт/м}^2$ , для теплопередачі крізь стінку та для тепловіддачі до води:

$$q = k(t_{\text{ср}} - t) = \alpha(\tau - t), \quad (2)$$

де  $t_{\text{ср}}$  та  $t$  – середня температура, відповідно, парогазової суміші та води.

Пошук коефіцієнтів  $b_{ij}$  з системи рівнянь (1) та (2) за дослідними даними здійснюється за методом найменших квадратів, що передбачає мінімізацію суми квадратів відхилень (дисперсії) розрахункового коефіцієнта тепловіддачі  $\hat{k}$  від дослідних значень  $k$ :

$$F = \sum (k - \hat{k})^2 \rightarrow \min \quad (3)$$

Умова (3) в загальному вигляді задає складну багатовимірну мультимодальну поверхню  $f$  з багатьма локальними екстремумами та ярами. Тому одинична спроба використати спеціалізований алгоритм Левенберга-Марквардта (у програмі SciLab) не дає можливості знайти глобальний мінімум. Ще більш складною задачею є пошук інженерних формул за умовою мінімізації максимального абсолютного або відносного відхилення.

$$G = \max(k - \hat{k}) \rightarrow \min \quad \text{або} \quad H = \max(100(k - \hat{k})/k) \rightarrow \min \quad (4)$$

Поверхні  $G$  та  $H$  лише шматково-гладкі. Таким чином, існує можливість збою метода оптимізації, призначеного для гладких функцій.

Припустимо, що поверхня має скінченну кількість мінімумів у кубічній області  $S$  багатовимірного факторного простору. Певний метод оптимізації гарантовано знаходить локальний мінімум, якщо його запустити з точки, що належить багатовимірному кубу з центром в мінімумі й розміром грані  $2a$ . Тоді, якщо розділити простір на куби з розміром грані  $2a$  і запустити алгоритм з кожного центра куба, то буде гарантовано виявлено всі локальні мінімуми. Залишиться лише дослідити межі області  $S$ , щоб знайти глобальний мінімум. Для двовимірного простору автори використовували такий підхід, однак при збільшенні кількості вимірів простору кількість запусків методу оптимізації зростає в геометричній прогресії. Для тривимірного простору можна скористатися суперкомп’ютером для паралельного виконання тисяч операцій. Однак таке рішення вимагає витрат коштів, незрівнянних з очікуваним

економічним ефектом від впровадження розробки.

Спростимо задачу: знайти таке значення  $F$ ,  $G$  або  $H$ , яке б не перевищувало певного межового значення  $F_0$ ,  $G_0$  або  $H_0$ . Однак знаходження такого значення не гарантує, що кращого розв'язку не існує. Щоб зменшити кількість запусків оптимізаційного методу скористаємося початковими наближеннями з випадковими рівномірно розподіленими координатами. При кожному запуску немає гарантії відсутності збою метода оптимізації. Тому програма має обходити збої. При цьому безпосередньо перед збоєм можливе знаходження значення, меншого за всі попередні. Це слід враховувати при побудові програми.

Пропонується такий алгоритм аналізу багатовимірної поверхні, який є стійким до збоїв та гарантує повернення найкращого серед усіх обчислених результатів незалежно від причини зупинки оптимізаційного алгоритму (вдалий розрахунок, екстремум не знайдено, фатальна помилка):

1. Ініціюємо змінну з найкращим результатом, доступну підпрограми (наприклад, глобальну). Початкове значення приймаємо найбільшим, яке ця змінна може вмістити (для SciLab – %inf – нескінченність). Також ініціюємо змінні, доступні підпрограми, для відповідних значень факторів. Початкове значення не впливає на роботу алгоритму.

2. Якщо мова програмування BASIC, вмикаємо обробник збоїв

3. Генеруємо випадкові рівномірно розподілені координати початкової точки;

4. Якщо мова програмування не BASIC, відкриваємо try – блок;

5. Запускаємо алгоритм оптимізації функції  $F$ ,  $G$  або  $H$ ;

6. Якщо мова програмування не BASIC, закриваємо try – блок без додаткових дій у разі помилки (except, catch, finally тощо не потрібні).

7. Виводимо на дисплей найменший знайдений результат та відповідні значення факторів (зі змінної, доступної для підпрограми, наприклад, глобальної). Можна вивести додаткову інформацію (кількість запусків, час роботи тощо);

8. Перевіряємо натиснення клавіші зупинки, а якщо вона не натиснута, повертаємося до п. 2. Або створюємо нескінченний цикл шляхом повернення до п.2. При цьому має існувати можливість переривання програми (Ctrl+C, “зняти задачу” тощо).

Підпрограма обчислення функції  $F$ ,  $G$  або  $H$ :

I. Обчислюємо значення функції;

II. Порівнюємо його зі змінною, яка зберігає найменше значення і доступна з рівня програми і не обнуляється при запуску підпрограми;

III. Якщо знайдено менше значення, оновлюємо цю змінну і аналогічні змінні з відповідними параметрами;

IV. Повертаємося до головної програми

Отримана програма запускається. Дослідник періодично дивиться на екран і оцінює, чи достатнє значення функції, яка оптимізується. Якщо він вважає, що подальше покращення результату не має сенсу, він переписує з екрану результат і зупиняє програму. Слід зауважити, що завжди існує

імовірність не знайти потрібної точки за скінченної кількості запусків. Ця імовірність зменшується при зростанні кількості запусків.

Паралельно використано різні методи пошуку локального екстремуму, закладені в системі SciLab.

Отримано формули, справедливі при  $Re_{\text{ПГС}} = 188 \dots 1050$ ,  $Re \text{ } Pr \text{ } de / \ell = 39,5 \dots 50$ ,  $Pr \text{ } Gr = 3,89 \cdot 10^5 \dots 2,97 \cdot 10^6$ ;  $\Delta \ell = 5,8 \cdot 10^{-3} \dots 1,6 \cdot 10^{-2}$ :

$$\hat{k} = \frac{1}{\frac{1}{0,0045 Re_{\text{ПГС}}^{1,718} \lambda_{\text{ПГС}} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{d_e}{\lambda} \frac{(\Delta \ell \cdot 10^3)^{4,19}}{1,02 (Re \text{ } Pr \text{ } de / \ell)^{1,087} (Gr \text{ } Pr \cdot 10^{-5})^{2,284}}}}. \quad (5)$$

Діапазони факторів визначені при аналізі витрати димових газів сучасних котельних установок для індивідуального теплопостачання різних виробників. Відхилення даних за формулами (3-5) від дослідних не перевищує 5 %. Це дозволяє виконати інженерний розрахунок теплообмінника для індивідуального теплопостачання.

**Висновки.** Досліджено теплообмін у плівковому теплообміннику в діапазонах параметрів, характерних для індивідуального теплопостачання, за відсутності конденсації пари з парогазової суміші. Отримано експериментальну залежність для визначення коефіцієнта теплопередачі.

## Література

1. Новиков Д. А., Новочадов В. В. Статистические методы в медико-биологическом эксперименте (типовые случаи). Волгоград : Издательство ВолГМУ, 2005. – 84 с.
2. Калиткин Н. Численные методы. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 592 с.
3. Статистические методы и модели: Учебное пособие / В. Н. Костин, Н. А. Тишина. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2004. – 138 с.
4. Кезля Е. А. Воздухонагреватель из полимерной плёнки для систем воздушного отопления теплиц. – Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук. – К., 1988.
5. Физические величины: Справочник / А. П. Бабичев, Н. А. Бабушкина, А. М. Братковский и др.; Под ред. И. С. Григорьева, Е. З. Мейлихова. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 1232 с.
6. Николаев А. Ф. Синтетические полимеры и пластические массы на их основе: учеб. пособие. – М., Л. : «Химия», 1964. – 783 с
7. Милейковский В. А. Математическое моделирование переменного гидравлического режима однотрубных вертикальных систем водяного отопления // Данфосс INFO #3-4 / 2011 | отдел Теплоснабжение
8. Внутренние санитарно-технические устройства. В. 3-х частях. Ч. I. Отопление / В. Н. Богословский, Б. А. Крупнов, А. Н. Сканава и др. – под ред. И. Г. Старовойрова и Ю. И. Шиллера. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат,



1990. – 344 с

9. Справочник по теплопроводности жидкостей и газов / *Н.Б. Варгафтик, Л. П. Филиппов, А. А. Тарзиманов, Е. Е. Тоцкий*. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 352 с

10. Отопление и вентиляция. Учебник для ВУЗов. В 2-х ч. Ч. 2. Вентиляция. Под ред. В. Н. Богословского. М.: Стройиздат, 1976. – 439 с. Авт: *В. Н. Богословский, В. И. Новожилов, Б. Д. Симаков, В. П. Титов*

11. *Нестеренко А. В.* Основы термодинамических расчётов вентиляции и кондиционирования воздуха: Учебн. пособие. – Изд. 3, доп. – М. : “Высшая школа”, 1971. – 460 с

## **ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО СЛОЖНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ**

*Гумен Е. Н., Милейковский В. А., Дзюбенко В. Г.*

Приведен подход к аппроксимации результатов исследований нелинейной математической моделью на примере исследования теплообмена для условий индивидуального теплоснабжения в плёночном теплообменном аппарате, разработанном на кафедре теплогазоснабжения и вентиляции Киевского национального университета строительства и архитектуры.

## **EXPERIMENTAL RESEARCHES PROCESSING BY A DIFFICULT MATHEMATICAL MODEL**

*O. Gumen, V. Mileikovskyi, V. Dziubenko*

We show an approach to approximate the results by non-linear mathematical model by the example of the heat exchange researches for individual heat supply conditions in the film heat exchanger developed on Heat Gas Supply and Ventilation department of Kyiv National University of Construction and Architecture.

## ПАСИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В АРХІТЕКТУРНИХ ФОРМАХ

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

***В роботі розкривається необхідність використання пасивних геліосистем та поглиблення вивчення методики розрахунку використання стіни Тромба-Мішеля в пасивних будинках.***

**Постановка проблеми.** В регіонах України є всі передумови для інтенсивного використання значного потенціалу нетрадиційної енергетики та різних видів альтернативного палива. До НВДЕ належать сонячна, вітрова, гідроенергія – енергія малих водотоків, геотермальна теплова енергія, використання рослинної біомаси і т.і.

Перспективним напрямом створення надійних систем енергозабезпечення є широке використання сонячної енергії. Ефективному використанню сонячної енергії в Україні сприяють кліматичні та географічні умови. Сонячні системи поділяються на активні і пасивні. З основних напрямків використання сонячної енергії для підвищення ефективності опалення пасивного будинку можна виділити кілька типів систем: наприклад, геліотеплиця, оранжерея або зимовий сад, прибудовані до південного фасаду будівлі, південні засклені теплоакумуляційні стіни, вікна, тераси, балкони..

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Розгляд питань ефективного використання пасивних геліосистем вивчалися такими вченими, як: Ю. А. Табунщиков, В. Гавриш, Є. Гудзь, Г. Бекман, Г. Калетнік, А. Макаров, Д. Вулстон, В. Маляренко, В. Петренко, М. Рихальський, В. Сіренко, Д. Стребков, Г. Терентьев, А. Щербина та іншими. Лівінський О. досліджував енергозберігаючі технології, матеріали в будівництві; проблемою акумулювання сонячної енергії займався Бекман Г. Проте комплексне вирішення цієї проблеми сьогодні залишається актуальним.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Надати теоретичне обґрунтування ефективності використання пасивних сонячних систем, розглянути питання щодо можливості застосування архітектурних конструкцій стіни Тромба-Мішеля, як альтернативного джерела енергії, оскільки її використання поки що мінімальне в Україні..

**Основна частина.** Сонце щосекунди випромінює  $12 \cdot 10^{20}$  кВт·год теплоти, що еквівалентно  $1,25 \cdot 10^{16}$  т у.п. На Землю потрапляє частина цієї енергії - близько  $1 \cdot 10^{18}$  кВт·год ( $123 \cdot 10^{12}$  т у.п.) за рік. Це майже в 10000 разів більше світового споживання енергії [1 – 3] і приблизно в 100 разів більше енергії всіх розвіданих горючих копалин на Землі.

Середня інтенсивність сонячного випромінювання в більшості районів земної кулі становить 200...250 Вт/м<sup>2</sup>. Безпосередньо на поверхню Землі потрапляє близько 50% загальної кількості сонячного випромінювання, яке проходить через верхні шари атмосфери [4].

Надходження сумарної сонячної радіації змінюється, досягаючи свого максимуму опівдні на протязі доби; максимуму в літні місяці і мінімуму в зимові місяці – протягом року. Різним регіонам планети також властива різна інтенсивність сонячної радіації протягом року – в районах пустель в зимовий час надходження сумарної сонячної радіації майже в 2 рази менше в порівнянні з літнім періодом року [5]. У південних районах України це співвідношення становить 4...5, а в північних – 6...7.

Вихід нашої держави на міжнародний ринок альтернативної енергетики закономірний. Адже, за кліматичними умовами Україна має рівні можливості з багатьма європейськими державами. Середня інтенсивність сонячного випромінювання складає близько  $1200 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$  [4].

За підрахунками фахівців, на території України річні потенційні енергетичні ресурси Сонця для забезпечення гарячого водопостачання й опалення можуть складати до  $28 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$  теплової енергії. Реалізація такого потенціалу могла б заощадити 3,4 млн. т умовного палива на рік [3].

Основні напрями розвитку сучасної архітектури визначені осмисленням нових аспектів естетики архітектурної форми, що пов'язані з новими соціальними функціями будівель, з новітніми конструктивними, інженерно-технологічними розробками, а також з вирішенням проблем удосконалення окремих якостей архітектурного об'єкта, зокрема, їх енергоекономічності.

Поняття «енергоекономічний архітектурний об'єкт» охоплює ті будинки, при проектуванні і будівництві яких застосовано комплекс заходів, спрямованих на енергозбереження. Основними заходами економії теплової енергії в будинку є удосконалення архітектурно-планувального рішення, покращання теплофізичних характеристик огорожуючих конструкцій та застосування інженерного обладнання, що дає змогу отримувати, перетворювати та акумулювати енергію з так званих «альтернативних» джерел енергії.

Ефективному використанню сонячної енергії в Україні сприяють кліматичні та географічні умови: кількість годин сонячного сяйва становить 1750-2550 годин на рік, а сумарна інтенсивність сонячної радіації  $0,92\text{-}1,23 \text{ Гкал} / \text{м}^2$  горизонтальної поверхні, що є підставою для впровадження та експлуатації геліосистем [6].

За способом перетворення сонячного випромінювання у теплоту, що застосовується у побуті і на виробництві сонячні системи поділяються на **активні і пасивні**: **активні** – прокачування нагрітої рідини може здійснюватися як вимушено з примусовою циркуляцією теплоносія, з використанням насосів, так і природним шляхом – **пасивні** системи, або термосифонні, з природною циркуляцією, яка зумовлена перепадом температури і тиску, природною конвекцією.

Як правило, в будівлях з пасивним сонячним опаленням для підвищення ефективності синхронно використовується кілька типів систем: наприклад, геліотеплиця, оранжерея або зимовий сад, прибудовані до південного фасаду будівлі, південні засклені теплоакumuлювальні стіни, вікна, тераси, балкони.

Пасивні сонячні опалювальні системи найбільш поширені в Австралії та Йорданії. У будинку з південною орієнтацією на опалення витрачається на 15...25% менше палива, ніж в подібному будинку з східної чи західної орієнтації. Найбільшою економією можна досягти при виконанні внутрішнього оформлення будівель з теплопоглинальних матеріалів і при покритті вікон зсередини тепловідбиваючими прозорими плівками [7].

Неопалювана скляна прибудова до будинку з південного боку (наприклад, теплиця, балкон, тераса або дворик) сприяє збереженню тепла [7]. Такий конструкційний елемент забезпечує додатково житловий простір в сонячні дні.

Вікна пасивних будинків працюють як сонячні колектори – теплонадходження від пасивного використання сонячної енергії вносять основний внесок у відшкодування тепловтрат.

Завдяки наявності прозорого огороження (скла) в будинках забезпечується можливість акумулювання більшої часті енергії сонячного випромінювання. Короткохвильове сонячне випромінювання безперешкодно проникає крізь скло в залежності від його товщини і чистоти поверхні. Скло пропускає електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі 0,3-2,4 мкм. У цій області спектра зосереджена найбільша частина сонячної енергії, в тому числі сюди входить область видимого світла з довжиною хвилі 0,35-0,75 мкм

При попаданні сонячного випромінювання на темну поверхню воно перетворюється в теплову енергію з довжиною хвилі близько 10 мкм (область довгих хвиль теплового випромінювання становить 4-50 мкм). Більшість матеріалів, за винятком деяких сортів органічного скла, не пропускає це випромінювання, воно поглинається поверхневим шаром, нагріваючи його [8].

У порівнянні з тепловими енергоустановками, що споживають паливо, сонячні енергоустановки володіють деякими специфічними особливостями, які роблять доцільним застосування суміщених систем теплового акумулювання [9].

Надходження первинної енергії змінюється відповідно до добового і річних циклами і, крім того, залежить від погодних умов. Це означає, що нерівномірний не тільки графік споживання, але і графік вироблення. Внаслідок цього необхідність в акумулюванні енергії зростає, за винятком того рідкісного випадку, коли обидва графіка узгоджуються.

Існуючі теплові акумулятори поділяються на два основних типи: акумулятори відкритого тепла; акумулятори прихованого тепла. Акумулятори відкритого тепла утримують теплову енергію завдяки збільшенню накопичується тепла, що є наслідком підвищення температури теплоносія.

У більшості країн найбільш дешевим засобом акумулювання тепла є вода. Вона дозволяє отримати найвищий рівень тепла. Багато фахівців розглядають воду як кращу форму зберігання тепла, хоча проблеми корозії представляють певні труднощі (1 м<sup>3</sup> чистої води зберігає 4200 кДж / ° С). Крім води хорошими акумуляторами тепла є такі дешеві матеріали, як камінь, крупнозернистий гравій або галька (бетонна або цегляна). Однак ці матеріали потребують великих об'ємів внаслідок незначного температурного діапазону [9].

Система короткочасного теплового акумулювання необхідна в багатьох кліматичних зонах для компенсації впливу на сонячну енергоустановку раптових метеорологічних змін, таких, як поява хмарності. Для таких випадків достатня ємність акумулювання, що становить близько півгодини повного навантаження [10].

Перша пасивна геліосистема була запатентована в США в 1881 р. Це був патент на застосування південну стіну темного кольору. У 1972 р вона була знову запатентована у Франції і по іменах винахідника і архітектора отримала назву стіни Тромба-Мішеля [11].

Заміський будинок можна обігрівати за допомогою пасивних сонячних елементів, спорудивши на фасаді вдосконалену стіну Тромбу-Мішеля.

Стіни Тромбу-Мішеля ділять на два основні різновиди – вентильовані і не вентильовані.

Складається стіна Тромба-Мішеля зі скляної стіни, орієнтованої на південь. Між скляною стіною і стіною будинку, пофарбованої в чорний колір, залишається невеликий повітряний простір. Відстань між масивною стіною і склінням повинно бути в межах 1,5...7,5 см. Більша відстань може призвести до конвекції в цьому просторі і погіршити акумуляцію тепла.

Сонячна енергія легко проходить крізь скло і накопичується в чорній стіні. Нагріте повітря в просторі між склом і стіною починає підніматися. У стіні будівлі, обгородженій склом, пророблені два отвори – вгорі і внизу, завдяки яким тепле повітря циркулює в межах житлового приміщення, створюючи ефект термосифона.

У холодну ніч може йти зворотний процес, тому отвори в стіні слід закривати, а між склом і стіною опускати термоізоляційну штору. Влітку стіна Тромба-Мішеля діє в зворотному порядку – охолоджує і посилено вентилює приміщення будинку. Тобто – обігрів, і кондиціонування приміщення йде без використання дорогих енергоносіїв, і складних механізмів. Слід враховувати особливості ландшафту – сусідні споруди, дерева, рельєф, які так само захищають будинок від занадто яскравого сонця влітку, і холодних вітрів взимку. І естетично і термічно стіни Тромба-Мішеля працюють найкраще тоді, коли вони об'єднані з вікнами південної орієнтації. Наприклад, вони вельми ефективні при влаштуванні вікон між стінами Тромбу, або тоді, коли вікна розташовані над стінами Тромбу.

Зовнішня поверхня повинна бути масивною з коефіцієнтом поглинання більш 0,92. Досягається такий високий коефіцієнт поглинання застосуванням селективних покриттів. Використання селективних покриттів дозволяє збільшити ефективність стіни до 30% (більше 60% у більш північному кліматі).

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Перспективним напрямом створення надійних систем енергозабезпечення та істотного поліпшення умов життя і праці для населення є широке використання сонячної енергії, яка може забезпечити чималу частку потреби в теплі навіть в умовах північного клімату. Здебільшого методи використання енергії сонця економічно ефективні, однак частка використання сонячної енергії все ще доволі мала.

За прогнозами вчених [8], використання сонячної енергії всіма країнами світу у наступному столітті збільшиться у 5 разів і становитиме 30% від загального обсягу енергетичного балансу, займаючи друге місце після атомної енергетики.

Огляд основних сучасних літературних джерел показує, що на сьогоднішній день не вирішено ряд питань пов'язаних з проектуванням стіни Тромба-Мішеля, такі як:

- методика розрахунку товщини прошарку повітря в залежності від висоти та матеріалу стіни;
- товщина та тип матеріалу масивної стіни;
- тип матеріалу скла для скління стіни;
- тип селективного покриття.

## Література

1. *Андерсон Б.* Солнечная энергия / *Б. Андерсон.* – М. : Энергоатомиздат, 1982. – 374 с.
2. *Ахмедов Р. В.* Технология использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии / *Р. В. Ахмедов* // Итоги науки и техники. Нетрадиционных и возобновляемых источников энергии. – М., 1987.
3. *Васильев Ю. С.* Экология использования возобновляющихся энергоисточников / *Ю. С. Васильев, Н. И. Хрисанов.* – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1991. – 343 с.
4. *Бринкеорт Б.* Солнечная энергия для человека / *Бринкеорт Б* [Пер. с англ.] // Под. Ред. Б. В. Тарнижевского. – М. : Мир, 1976. – 291 с.
5. *Кириллин В. А.* Энергетика. Главные проблемы: (В вопросах и ответах) / *В. А. Кириллин.* – М. : Знание, 1990. – 128 с – Трибуна академика.
6. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1–27: 2010. – [Дата введення 2011-11-01]. / МінрегіонбудУкраїни. – К. : Укрархбудінформ, 2011. – 123 с. – (Национальный стандарт Украины).
7. *Ольсен Г. Б.* Солнечное отопление. Энергетический экологический офис. Руководство / *Г. Б. Ольсен* – Под общей ред. Э. Виккельсо, К. Пледждрупа // Эхо-Восток. – К., 1996. – С. 58–67.
8. *Эрат Б.* Теплица в вашем доме / *Б. Эрат, Д. Вулстон* // Справ, пособ. Пер. с фин. В. П. Калинина; Под ред. Н. В. Оболенского. – 2-е изд. – М. : Стройиздат, 1994. – 191 с.
9. *Табуничиков Ю. А.* Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений / *Ю. А. Табуничиков, Д. Ю. Хромец.* – М. : Стройиздат, 1986. – 380 с.
10. *Бекман Г.* Тепловое акамулирование энергии. / *Г. Бекман, П. Гилли* [Пер. с англ. Под. ред. Бродянского В. М.]. – 1987. – 272 с.
11. *Харченко Н. В.* Индивидуальные солнечные установки / *Н. В. Харченко* – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.

12. *Кащенко Т. О.* Журнал БудМайстер / *Т. О. Кащенко* // №02 (90), 21 января 2000 г.

13. *Мхитарян Н. М.* Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. Опыт и перспективы / *Н. М. Мхитарян*. – Киев : Наукова думка, 1999. – 318 с.

## **ПАССИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В АРХИТЕКТУРНЫХ ФОРМАХ**

*Давыденко Е. П.*

В работе раскрывается необходимость использования пассивных гелиосистем и углубление изучения методики расчета использования стены Тромба-Мишеля в пассивных домах.

## **PASSIVE USING SOLAR ENERGY IN ARCHITECTURAL FORM**

*E. Davydenko*

The work reveals the need for passive solar systems and deepening the study of methods of calculation used Trombe-Michel walls in passive houses.

## ФОРМУВАННЯ АРХІТЕКТУРНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ В МІСТІ БРЕСТ

*Полтавський національний технічний університет  
імені Юрія Кондратюка, Україна*

*В статті досліджено концепцію архітектурної організації енергоефективного житла в умовах помірно-континентального клімату та продемонстровано реалізацію основних містобудівних та архітектурно-планувальних прийомів підвищення енергоефективності на прикладі проектного рішення житлового модуля в місті Бресті, в рамках конкурсу «Енергоефективний житловий модуль в місті Бресті, Білорусь».*

**Постановка проблеми.** Раціональне використання енергоресурсів, зниження споживання палива для опалення, підвищення енергоощадності будівлі з кожним роком стає все більш актуальною проблемою в будівництві та архітектурі. Ефективність вирішення даної проблеми великою мірою залежить від методів проектування архітектурних об'єктів. Одним з найкращих методів, що застосовується у проектуванні є метод варіантного (або його різновиду конкурсного) проектування. Різниця полягає в тому, що при варіантному проектуванні розглядаються та оцінюються роботи одного автора, а при конкурсному – роботи декількох авторів (хоча принцип роботи метода залишається однаковим). При розробці одного варіанту проекту, що задовольняє умовам та вимогам до проектування даного об'єкту, якість проекту не досягає свого максимуму (лише 60-70%). При розробці кожного наступного варіанту з можливістю вибору найкращого підвищує відсоток якості на 6-7% (до десяти варіантів), потім відсоток значно зменшується [1]. Залучення електронної обчислювальної техніки при створенні проектів методом варіантного або конкурсного проектування є автоматизованим методом, який дозволяє ще підвищити результативність процесу проектування.

З метою проведення глибокого дослідження перспектив розвитку стійкого будівництва, адміністрація міста Бреста прийняла рішення провести конкурс на розробку проекту «Енергоефективний житловий модуль в місті Бресті».

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Теоретичною базою дослідження архітектури енергоефективних будівель стали роботи таких вітчизняних учених як О. В. Бумаженко, Г. В. Казаков, Т. О. Кащенко, Ю. Лапін, Г. Н. Хавхун, Л. П. Хохлова.

Було досліджено розробки авторів, що займались архітектурою багатоквартирного житла: С. Н. Булгаков, Г. О. Гнат, А. В. Крашенніков, С. М. Лінда, Т. Г. Маклакова, Б. А. Портнов, Я. М. Юрик, а також авторів, що займались архітектурою енергоефективного житла: Д. І. Антонюк, В. С. Беляев,



Д. І. Бекман, О. І. Бозонюк, С. Г. Буравченко, М. А. Волошин, В. В. Гранєв, А. А. Нечепорчук.

Серед закордонних авторів, питанням енергозбереження займалися: А. Р. Андерсон, О. К. Афанасьєва, У. Бекман, М. М. Бродач, Петер та Бренда Вале, Д. Ватсон, М. А. Волошин, К. Данієлс, Ж. Зейтун, Г. Кноуелс, П. С. Канигін, Р. Кноуелс, Т. А. Маркус, Е. Н. Морріс, Л. А. Подолян, Дж. К. Пейдж, О. С. Ртищева, Е. В. Сарнацький, Н. Н. Селіванов, С. М. Смірнова, Ю. А. Табунщиков, С. Удел, Н. Фаті, В. Хелльманн, Ф. Шуберт, Сьюзан Роаф, В. В. Щербаков та інші.

**Цілі та завдання статті.** Конкурсне завдання передбачає створення багатоквартирного житлового модуля, що являє собою структурно-планувальний елемент площею 15-20 га. Вихідними умовами є територія, обмежена магістральними вулицями, всередині якої проходять вулиці районного значення. Модуль повинен бути відносно автономним елементом міської структури, до складу якого окрім житлової забудови повинні входити автостоянки, установи та підприємства соціально-побутового обслуговування, навчально-виховні установи та виробничі об'єкти.

В рамках конкурсного проекту передбачено створення комфортного середовища з енергоефективною забудовою, яка відповідає вимогам «пасивного» будівництва.

**Основна частина.** Аналіз природно-кліматичних, соціально-економічних умов, санітарно-гігієнічних вимог та архітектурно-планувальних, об'ємно-просторових, містобудівних обмежень місця проектування показав, що, середньорічна температура повітря складає  $+8,2^{\circ}\text{C}$ , сумарна кількість сонячної радіації на вертикальну поверхню при різній орієнтації складає від 143 у січні (на східну та західну стіну) до 610 у жовтні (на південну стіну), переважаючий напрямок вітрів західний, встановлено річна кількість атмосферних опадів – 609 мм та середньорічну вологість повітря (76%). Дані характеристики дозволили обрати наступні містобудівні архітектурно-планувальні та інженерно-конструктивні заходи створення комфортного мікроклімату території забудови, прибудинкової зони та приміщень. Це напівзамкнена забудова з вітрозахистом у вигляді зелених насаджень з боку переважаючих та небезпечних зимових вітрів, аерація території подвір'я та будинків з боку переважаючих літніх вітрів, помірно-компактні об'ємно-просторові рішення будинків, збільшення площі осклення на південних сторонах горизонту для отримання прямої сонячної радіації в зимовий період року, сонцезахист в літній період, зменшення віконних прорізів на північні сторони (лише для забезпечення умов природного освітлення), орієнтація житлових приміщень на південні сторони, можливість наскрізного провітрювання для квартир з двосторонньою орієнтацією, двостороннє планування квартир, що мають північну орієнтацію, шумозахисні модульні елементи фасадів.

Умовами конкурсу було запропоновано дві ділянки під забудови енергоефективними житловими модулями [2].

Загальна структура забудови першої ділянки сформована відповідно до завдання і складається з двох багатоквартирних будинків секційного типу з

обслуговуванням в структурі перших поверхів та підземним паркінгом на 65 місць. Щільність населення в будинках складає 170 чол/га.

Основу композиційного рішення забудови складають два п'ятиповерхових меридіональних будинки, що мають плавні форми в плані, які нагадують хвилі. Будинки розташовані паралельно один до одного на відстані 30м, що задовольняє умовам інсоляції території.

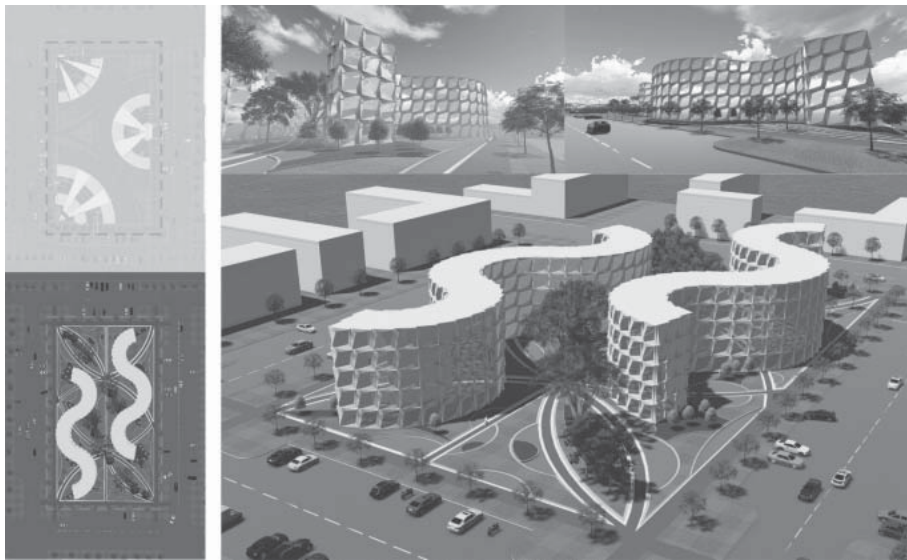


Рис. 1. Композиційне рішення ділянки з багатоповерховими будинками

Планування квартир одностороннє з виконанням вимог по інсоляції приміщень. Основу конструктивного рішення фасадної системи представляє модульний блок з бетонного каркасу та оскління, орієнтованого під кутом  $7^\circ$  по відношенню до площини стіни. Це дозволяє створити додатковий шумозахист, скоректувати зону візуального сприйняття та запобігти прямому зоровому зв'язку між вікнами будинків розташованих один навпроти одного.

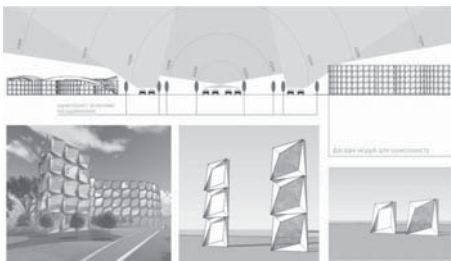


Рис. 2 Шумозахисні засоби



Рис. 3. Схема інсоляційної карти для днів рівнодення

Другу ділянку пропонується забудувати житловими будинками блокового типу з невеликими громадськими центрами щоденного та періодичного обслуговування при кожному блоці. Щільність населення в будинках даного типу складає 72 чол/га.

Основною ідеєю блокової забудови другої ділянки є формування трьох окремо розташованих будинків з обслуговуванням, що в плані нагадують підкову. Один з трьох блоків – громадський об'єкт, що має чотири типи обслуговування. Два інші блоки – житлові. Для них розроблено три типи планування квартир, в залежності від орієнтації. Планування житлового блоку передбачає наявність індивідуального паркінгу, вхідної зони, кухні та загальної кімнати на першому поверсі, спальень, кабінетів та лоджій для другого і третього поверхів. Фасади будинків також складаються з модульних блоків.

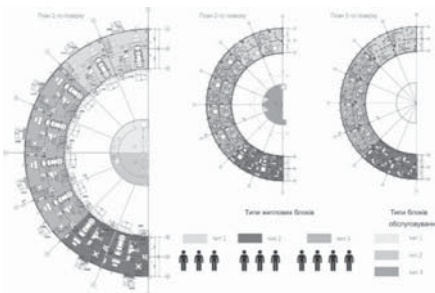


Рис. 4. Плани поверхів блокової забудови

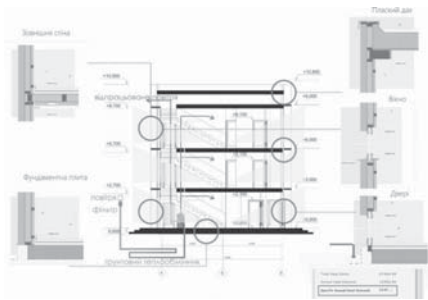


Рис. 5. Конструктивне рішення блокового будинку

Конструктивне рішення для усіх будинків виконане у відповідності до вимог конкурсу та передбачає систему утеплення з використанням стандартних вузлів пасивного будинку ISOVER.

Після попереднього розрахунку споживання енергії на опалення запроєктованими житловими будинками за допомогою комп'ютерних програмних засобів, запропонованих компанією ISOVER, було виявлено, що показник енергоспоживання більший за встановлений нормами для «пасивних» будинків. Тому було вирішено додатково застосувати інженерні заходи підвищення енергоефективності, а саме встановити систему припливно-втяжної вентиляції з рекуперацією тепла та горизонтальний ґрунтовий теплообмінник. Наступні підрахунки споживання енергії на опалення показали значення 14,9 кВт\*год/м<sup>2</sup>\*рік, що задовольняє вимогам «пасивного» будинку (15 кВт\*год/м<sup>2</sup>\*рік).

**Висновки.** В представленому конкурсному проєкті авторами було розроблено екологічно раціональні архітектурні рішення у відповідність з темою «Енергоефективний житловий модуль в місті Бресті» для інтеграції в міський простір з урахуванням вимог концепції мультикомфортного будинку компанії «Сен-Гобен» та з урахуванням кліматичних умов і регіональних особливостей міста Брест.

## Література

1. *Азгальдов Г. Г.* Квалиметрия в архитектурно-строительном проектировании / *Г. Г. Азгальдов*. – М. : Стройиздат, 1989. – 273с.
2. Офіційна сторінка ISOVER. Saint-Gobain. Електронний ресурс. Режим доступу <http://www.isover.ua/ru/energoeffektivnost/mezhdunarodnyy-konkurs-dlya-studentov-2015-2016>.

### **ФОРМИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ В ГОРОДЕ БРЕСТ**

*Данько К. С., Муха Т. О., Срибна В. Е.*

В статье исследована концепция архитектурной организации энергоэффективного жилья в условиях умеренно-континентального климата и продемонстрирована реализация основных градостроительных и архитектурно-планировочных приемов повышения энергетической эффективности на примере проектного решения жилого модуля в городе Бресте, в рамках конкурса «Энергоэффективный жилой модуль в городе Бресте, Беларусь».

### **FORMATION OF ARCHITECTURAL ORGANIZATION OF ENERGY EFFICIENT RESIDENTIAL CONSTRUCTION IN BREST**

*K. Danko, T. Muha, V. Sribna*

The article studies the concept of architectural arrangement of energy efficient housing in a continental climate and demonstrates the implementation of major urban and architectural planning techniques increasing energy efficiency using the example of a housing module design solution in Brest, within the competition «The energy efficient residential module in Brest, Belarus».

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ПИЛООЧИЩЕННЯ ГАЗІВ В  
СКРУБЕРАХ ВЕНТУРІ

Київський національний університет будівництва та архітектури, Україна

*Описано математичну модель гідродинамічних та масообмінних елементарних процесів-подій при пиловловленні у скруберах Вентурі. Ці події об'єднані у загальну формулу ефективності очищення газів від пилу, отриману у відповідності із блок-схемою, розробленою на основі ймовірного методу моделювання.*

**Постановка проблеми.** Виконавши аналіз раніше описаних різноманітних процесів пиловловлення та їх ймовірнісні моделі [1], було вперше розроблено блок-схему очищення газів від пилу в скруберах Вентурі, в якій загальний процес поділено на елементарні події.

Для отримання за цією схемою математичної моделі процесу очищення газів необхідно кожен елементарний ймовірнісний подію, що відбувається в апаратах системи «труба Вентурі–скрубер», виразити в математичній формі через фізичні закономірності [1–3]. Суть методу складається у попередньому розчленуванні досліджуваного процесу на окремі порівняно прості стадії (події), які описуються декількома одночасно та по-різному діючими залежними та незалежними між собою силами. Кожна подія розкривається за допомогою відомих або спеціально розроблених математичних формул через параметри, що впливають на ефективність процесу. Окремі події об'єднуються між собою за законами ймовірностей, у результаті чого виходить ймовірнісна блок-схема інтерпретації процесу в цілому (рис. 1).

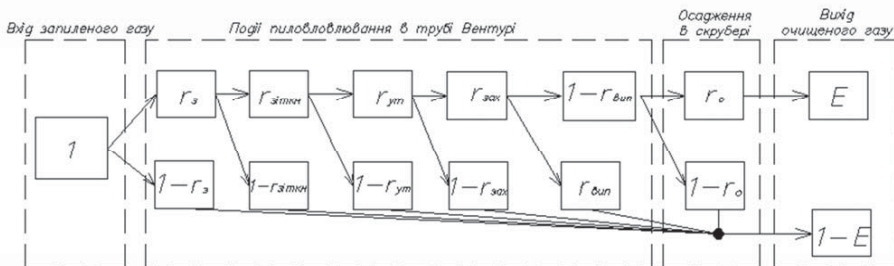


Рис. 1. Ймовірнісна блок-схема опису процесу пиловловлення в скрубєрі Вентурі

Після підстановки окремих ймовірностей у загальну формулу ефективності виходить шукана математична модель. Використання ймовірного методу спрощує математичну інтерпретацію складних процесів, дозволяє одночасно врахувати паралельний та послідовний вплив

різноманітних факторів на ефективність пиловловлення в скруберах Вентурі та полегшує оптимізацію процесу.

**Постановка задачі.** Очищення газу від пилу в скруберах Вентурі представлено у вигляді масообмінного процесу між краплями води та заповненим газовим потоком, що розділений на ряд послідовних умовно залежних елементарних подій, описаних в роботах [3, 4]. Об'єднання цих подій за законами теорій ймовірності моделює процес уловлення пилу розпиленою рідиною.

В математичному вигляді ефективність пилоочищення в скрубери Вентурі було представлено у вигляді:

$$E = E_{т.в} \cdot r_0 = r_3 \cdot r_{зйткн} \cdot r_{ум} \cdot r_{зах} \cdot (1 - r_{вин}) \cdot r_0. \quad (1)$$

Для ефективного уловлення рухомих пилинок краплями диспергованої рідини необхідне виконання шести сумісних послідовних умовно-залежних подій, а саме: геометрична зустріч пилинки на шляху свого руху з краплею  $r_3$ , зіткнення пилинки з краплею  $r_{зйткн}$ , утримання пилинок краплею  $r_{ум}$ , захват пилинок із поглинанням їх краплями  $r_{зах}$ , випарення утворених найменших конгломератів «крапля-пилинка»  $r_{вин}$  та осадження конгломератів у крапле вловлювачах  $r_0$ .

Кожна з подій відбувається з певною ймовірністю та впливає на здійснення наступних. Ці події описуються теоретичними формулами, які враховують технологічні, конструктивні та експлуатаційні параметри процесу. При їх об'єднанні через вираз загальної ймовірнісної ефективності пилоочищення (1) виходить математична модель процесу в цілому. За допомогою такої моделі можна в подальшому оптимізувати найбільш важливі параметри режиму роботи газоочищувальних установок із трубами Вентурі як на стадії проектування, так і в процесі експлуатації.

**Викладення основного матеріалу.** Перша подія – це зустріч пилинки із краплею  $r_3$ . Ймовірність такої зустрічі залежить від інерційних  $r_{3,i}$ , турбулентних і електростатичних сил  $\Delta r_{3,m,e}$ :

$$r_3 = r_{3,i} + \Delta r_{3,m,e}. \quad (2)$$

Якщо зону ефективного контакту пилинок із краплями в трубі Вентурі розділити на умовні шари  $n_{ш}$ , товщина яких дорівнює середньому діаметру краплі, то ймовірність зустрічі за рахунок сил інерції із урахуванням ймовірності  $r_{3,i,i_{ш}}$  за кожним окремим шаром визначиться за формулою:

$$r_{3,i} = 1 - (1 - r_{3,i,i_{ш}})^{n_{ш}}, \quad (3)$$

$$r_{3,i,i_{ш}} = \frac{\sum S_{k,i_{ш}}}{S_r}, \quad (4)$$

де  $S_r$  – площа перерізу горловини,  $m^2$ .

Сумарна площа перекриття  $i$ -го шару визначається формулою:

$$\sum S_{k,i_{ш}} = \frac{\pi(D_{k,i} + d_{n,сп})^2}{4} \cdot N_{k,i_{ш}}, \quad (5)$$

де  $D_{k,i}$  – діаметр крапель  $i$ -ї фракції;  $d_{n,сп}$  – середній діаметр пилинки;  $N_{k,i_{ш}}$  – кількість крапель  $i$ -ї фракції у шарі.

Після підстановки у формулу (4) кінцевих виразів для кожної величини отримаємо ймовірність зустрічі пилинки із краплею у шарі за час  $\tau_{ш}$ :

$$r_{3.i.i_{ш}} = \frac{1,5 \cdot (D_{к.і} + d_{п.ср})^2 \cdot m_p \cdot \tau_{ш}}{S_e \cdot \rho_p \cdot D_{к.і}^3}. \quad (6)$$

Ймовірність зустрічі пилинки із краплею за рахунок турбулентних електростатичних сил, згідно досліджень [6] визначається як:

$$\Delta r_{3.m.e} = \frac{V_{3.m.e}}{V}, \quad (7)$$

де  $V_{3.m.e}$  - об'єм газопилового потоку навколо крапель, у якому діють турбулентні та електростатичні сили,  $m^3$ ;  $V$  - загальний об'єм пилового потоку,  $m^3$ .

Із урахуванням вищевикладеного, ймовірність зустрічі краплі і пилинки в трубі Вентурі визначиться за формулою:

$$r_3 = 1 - \prod_{i=1}^{n_{ш}} (1 - r_{3i}) = 1 - \left[ 1 - (r_{3.i} + \Delta r_{3.i.e}) \right]^{n_{ш}}. \quad (8)$$

Друга подія – зіткнення пилинки із краплею можливе тільки у випадку, коли сили інерції та адгезії (турбулентні та електростатичні) перевищують сили аеродинамічної дії при обтіканні газовим потоком частинок, які потрапили у зону зустрічі. Його ймовірність може бути виражена формулою:

$$r_{зіткн} = r_{зіткн.і} + \Delta r_{зіткн.m.e}. \quad (9)$$

Значення  $r_{зіткн.і}$  визначається за законом Стокса та може бути розраховано за рівнянням Ленгмюра [6,7]:

$$r_{зіткн.і} = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N \frac{Stk_{ij}^2}{(Stk_{ij} + 0,125)^2} \cdot m_i \cdot n_j, \quad (10)$$

де  $M$ ,  $N$  – кількість фракцій крапель та пилу;  $m_i$ ,  $n_j$  – масова доля крапель та пилин кожної фракції;  $Stk_{ij}$  - критерій Стокса, визначається з [6] за формулою:

$$Stk_{ij} = \frac{\rho_n \cdot d_{п.ср}^2 \cdot (\bar{v}_n - \bar{v}_{к.ср_i})}{18 \cdot D_{к.ср_i} \cdot \mu_e}. \quad (11)$$

Третя подія – утримання пилинки на поверхні краплі можлива тільки у випадку, коли адгезійні сили перевищують сили аеродинамічної дії потоку на краплю із пилинкою. Ймовірність цієї події визначиться відношенням маси утриманих пилин до загальної маси пилин у потоці:

$$r_{ут} = \frac{M_{n.ym}}{M_n} = \frac{\sum_{j=d_{n_{max}}}^{j=0} d_{n_{yt_j}}^3 \cdot n_j}{\sum_{j=0}^{\infty} d_{n_j}^3 \cdot n_j}, \quad (12)$$

де  $d_{n_{max_j}}$  – максимальний діаметр пилин, що утримуються краплями  $i$ -го розміра, м.

Значення  $d_{n_{max_j}}$  визначається з умови щоб сила тяжіння пилин була рівною або перевищувала силу лобового опору краплі, за формулою:



$$d_{n_{\max j}} \leq 0,116 \frac{\text{Re}^{0,7}}{\rho_n \cdot (\bar{v}_n - \bar{v}_{\kappa, \text{ср}j})^2} \cdot \frac{\sigma_{p, \varepsilon, \vartheta} (1 + \cos \Theta_{\text{д}})^2}{\sin \Theta_{\text{д}} (1 - \cos \Theta_{\text{д}})}, \text{ м}, \quad (13)$$

де  $\sigma_{p, \varepsilon, \vartheta}$  – поверхневий натяг на границі розподілу рідина-газ через час  $\tau_{\text{ад}}$ , Дж/м<sup>2</sup>;  $\Theta_{\text{д}}$  – динамічний крайовий кут змочування, град.

Основні положення, виведення формули (13) та вибір параметрів  $\sigma_{\text{жс}, \varepsilon, \vartheta}$  и  $\Theta_{\text{д}}$  детально розписані в роботах [2, 8, 9].

Четверта подія – захоплення пилинки краплею. При його виконанні відбувається повне змочування пилинки, занурення останньої вглиб краплі та звільнення поверхні краплі для уловлення наступних пилин. Умовою ефективного захоплення пилинки краплею шляхом занурення їх у рідину є перевищення сили інерції над силами поверхневого натягу уловлюючого розчину (води). Ймовірність цієї події визначається відношенням маси захоплених пилин до загальної маси пилин у потоці та розраховується за формулою:

$$r_{\text{зах}} = \frac{M_{n,3}}{M_n} = \frac{\sum_{j=d_{n,3 \min}}^{\infty} d_{n,3j}^3 \cdot n_j}{\sum_{j=0}^{\infty} d_{n,j}^3 \cdot n_j}. \quad (14)$$

Мінімальний радіус пилин, що захоплюються краплями за рахунок сил інерції та адгезії, визначаються виразом [2]:

$$d_{n,3 \min} \geq \frac{12\sigma_{p, \varepsilon, \vartheta} \cdot (1 - \cos \Theta_{\text{д}})}{\rho_n \cdot (\bar{v}_n - \bar{v}_{\kappa, \text{ср}j})^2}. \quad (15)$$

Загальну ймовірність захоплення  $r_{\text{зах}}$  фактично необхідно приймати більшу, ніж виходить за формулою (15), так як ступінь покриття крапель пилинками  $K_{ni}$  у більшості випадків менше одиниці. Виходячи з цього:

$$r_3 = r_{3,u} + (1 - r_{3,u}) \left( 1 - \sum_{i=1}^M K_{ni} \cdot m_i \right) \quad (16)$$

Ступінь покриття  $K_{ni}$  розраховується за формулою:

$$K_{ni} = \frac{K \cdot S_{\kappa_i} \cdot v_{\kappa} \cdot D_{\kappa_i} \cdot \rho_{\text{жс}}}{4d_{n, \text{ср}} \cdot \rho_n \cdot m_{\text{жс}, \text{ф}}} \quad (17)$$

де  $K$  – концентрація пилу в потоці, кг/м<sup>3</sup>;  $d_{n, \text{ср}}$  – середний розмір пилин, м;  $m_{\text{жс}, \text{ф}}$  – фактична витрата рідини, кг/с.

У тих випадках, коли  $K_{ni} \leq 1$ , повне захоплення пилин краплею необов'язкове. Через це  $r_{\text{зах}}$  можна приймати рівною одиниці.

Привеликих концентраціях пилу ступінь покриття може перевищувати одиницю. Тоді загальна ймовірність захоплення відносно формули (15) буде меншою, ніж  $r_3$ .

П'ята подія – це можливе випарення рідкої фази конгломератів «крапля-пилинка»  $r_{\text{вип}}$ , після чого пилінка виявляється невловленою. Через короткочасне (соті частки секунди) перебування в трубі Вентурі випаритися встигають лише найменші краплі (діаметром менше 10мкм), але вони несуть на



собі й найменші пилінки, які важко уловити у кінцевому уловлювачі. Внаслідок цієї події, ефективність очищення може виявитися менше потрібної. Для зменшення та навіть виключення випарення необхідно встановлювати утилізатори теплоти для зниження температури газу перед трубами Вентурі або, що економічно невигідно, збільшувати витрату води. Значення ймовірності випарення крапель визначається за формулою:

$$r_{\text{вип}} = \frac{M_{\text{к.вип}}}{M_{\text{к}}} = \frac{\sum_{i=d_{\text{к.вип.мін}}}^{\infty} d_{\text{к.і}}^3 \cdot m_i}{\sum_{i=0}^{\infty} d_{\text{к.і}}^3 \cdot m_i} \quad (18)$$

Згідно досліджень[10], максимальний діаметр крапель, які можуть випаритися в даних умовах, визначається за формулою:

$$d_{\text{к.вип.мін}} = \sqrt{\frac{12\mu \cdot P_{\text{н.п}} \cdot (1-\varphi)}{\rho_p \cdot R \cdot (273+t)}} \cdot (0,22 + 0,0015t) \cdot 10^{-4} \cdot [1 + \beta \sqrt{\text{Re}} \cdot \sqrt[3]{\text{Sc}}] \cdot \frac{l}{v_{\text{к.сп}}}, \text{ м}, \quad (19)$$

де  $\mu$  - молекулярна маса рідини (для води  $18 \cdot 10^{-3}$  кг/моль);  $\varphi$  - відносна вологість очищуваного газу;  $P_{\text{н.п}}$  - тиск насичених парів рідини в газі, Па;  $t$  - температура очищуваного газу, °C;  $R$  - універсальна газова стала, рівна 8,31 Дж/моль·град;  $\text{Re}$  і  $\text{Sc}$  - критерії Рейнольдса та Шмідта;  $\beta$  - коефіцієнт, що залежить від числа  $\text{Re}$ ;  $l$  - довжина прольоту краплі, м.

Шоста подія – осадження краплі з уловленими пилінками  $r_o$  визначає ефективність уловлення збільшених та зкоагульованих утворень «крапля-пилінка» за рахунок різноманітних сил (гравітації, доцентрових). Тут враховується осадження не тільки крапель більших за розміром, ніж пилінка, але й великих пилин, які зіткнулися із краплями менших розмірів. Процес осадження конгломератів «крапля-пилінка» відбувається в окремому апараті, встановленому за трубою Вентурі. Залежно від виду виробництва та інших факторів, технологічної схеми можуть бути використані різноманітні краплевловлюючі пристрої (циклони, полі скрубери, жалюзійні решітки). В буд якому випадку ймовірність осадження буде визначалися відношенням маси крапель, що осадженні в краплевловлювачі, до загальної маси крапель:

$$r_o = \frac{M_{\text{к.о}}}{M_{\text{к}}} = \frac{\sum_{i=1}^{d_{\text{к.о.мін}}} m_i}{\sum_{i=1}^{\infty} m_i}, \quad (20)$$

де  $d_{\text{к.о.мін}}$  – мінімальний розмір крапель з пилінками, що уловлюються у краплевловлювачі.

Наприклад, для циклонів, згідно [4], він може бути визначений за формулою:

$$d_{\text{к.о.мін}} = 3 \cdot \sqrt{\frac{V_z \cdot \mu_z}{2\pi \cdot v_z^2 \cdot (\rho_{\text{ж}} - \rho_z)}} \cdot \left[ \frac{I - \left( \frac{2D_{\text{mp}}}{3D_u} \right)^d}{\frac{H - H_u}{D_u - D_a} \cdot \frac{D_u^3 - D_a^3}{D_u^2} + H_u - h_{\text{mp}} \cdot \left( \frac{D_{\text{mp}}}{D_u} \right)^2} \right] \quad (21)$$

Для інших типів крапле вловлювачів  $d_{к.о.мін}$  буде розраховуватися за іншими формулами.

**Висновки.** Приведені залежності (1)–(21) є основою математичної моделі процесу пило очищення газів в скруберах Вентурі. Із використанням цієї моделі буде розроблена комплексна програма розрахунку для ЕОМ. Вона дозволить досліджувати вплив фізико-хімічних властивостей очищуваного газу, пилу, уловлюючої рідини та інших параметрів на процес пиловловлення та досягнення потрібної ефективності очищення газу, а також виповнювати оптимізацію конструктивних розмірів та технологічних режимів роботи скрубєрів із трубами Вентурі.

### Література

1. Качан В. Н. Теоретические основы очистки воздуха / В. Н. Качан, А. Г. Акинина. – Макеевка : ДонГАСА, 2001. – 130 с.
2. Физико-химические основы пылеподавления и предупреждения взрывов угольной пыли / В. И. Саранчук, В. Н. Качан, В. В. Рекун и др. – Киев : Наук. думка, 1984. – 216 с.
3. Качан В. Н. Оптимизация параметров обеспыливания воздуха и предупреждения взрывов пыли в угольных шахтах: автореф. дис. докт. техн. наук / Владимир Николаевич Качан. – Макеевка, 1996. – 46 с.
4. Страус В. Промышленная очистка газов / В. Страус; пер. с англ. – М. : Химия, 1981. – 616 с.
5. Ужов В. Н., Вальдберг А. Ю. Очистка газов мокрыми фильтрами / В. Н. Ужов, А. Ю. Вальдберг. – М. : Химия, 1972. – 248 с.
6. Фукс Н. А. Механика аэрозолей / Н. А. Фукс. – М. : Изд-во АН СССР, 1955. – 352 с.
7. Лэнгмюр И. Искусственное осаждение кучевых облаков при температуре выше 0°С в результате цепного процесса / И. Ленгмюр. – В кн.: Физика образования осадков. – М. : Изд-во иностр. лит., 1951. – С. 147–189.
8. Сумм Б. Д., Физико-химические основы смачивания и растекания / Б. Д. Сумм, Ю. В. Горюнов. – М. : Химия, 1976. – 232 с.
9. Зимон А. Д. Адгезия жидкости и смачивание / А. Д. Зимон. – М. : Химия, 1976. – 416 с.
10. Фукс Н. А. Испарение и рост капель в газообразной среде / Н. А. Фукс. – М. : Изд-во АН СССР, 1958. – 162 с.

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПЫЛЕОЧИСТКИ ГАЗОВ В СКРУББЕРАХ ВЕНТУРИ**

*Довгалоук В. Б., Качан И. А.*

Описана математическая модель гидродинамических и массообменных элементарных процессов-событий при пылеулавливании в скрубберах Вентури. Эти события объединены в общую формулу эффективности очистки газов от пыли, полученную в соответствии с блок-схемой, разработанной на основе вероятностного метода моделирования.

## **MATHEMATICAL MODEL OF THE PROCESS OF GASES DUST CLEANING IN VENTURI SCRUBBERS**

*Vladimir B. Dovgaluk, Irina A. Kachan*

The mathematical model of hydrodynamic and mass transfer of elementary processes-events in the dust collecting in the Venturi scrubber is described. These events combined in a general formula of efficiency gas cleaning dust obtained in accordance with the block diagram, based on probabilistic modeling method.

## ЕКСЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОВІТРООБМІНУ В ПРИМІЩЕННІ

*Київський національний університет будівництва та архітектури, Україна*

***В роботі показана можливість визначення ефективності повітрообміну в приміщенні за допомогою ексергетичного аналізу. Наведена методика та розрахунок повітрообміну для приміщення зі стаціонарним тепловим режимом для холодного й теплового розрахункових періодів року.***

**Постановка проблеми.** Важливим питанням при проектуванні систем кондиціонування повітря (СКП), є визначення повітрообміну в приміщенні. Кількість припливного повітря та спосіб його подачі в приміщення суттєво впливають на капітальні та експлуатаційні затрати СКП. Для оцінки ефективності повітрообміну в приміщенні, що обслуговується, користуються коефіцієнтом повітрообміну, який через співвідношення параметрів повітря в різних зонах приміщення, показує розподіл шкідливих речовин по висоті приміщення [1], [2]. Коефіцієнт повітрообміну залежить від способу розподілення повітря, розташування джерел теплоти та шкідливостей в об'ємі приміщення, їх виду і є функцією робочої різниці температур і витрати припливного повітря. Коефіцієнт повітрообміну хоча і залежить від термодинамічних параметрів повітря, а саме – температури, вологовмісту, але не характеризує термодинамічну сторону процесу, отже не відображує енергетичну ефективність асиміляції шкідливих речовин.

Повітрообмін є термодинамічним процесом, показником ефективності якого, як відомо, може бути коефіцієнт корисної дії [3]. Сучасна технічна термодинаміка дає можливість оцінити повітрообмін за допомогою ексергетичного аналізу з метою визначення його термодинамічних характеристик, основною з яких є ексергетичний коефіцієнт корисної дії - ЕККД. Ексергетичний аналіз широко використовують для визначення показників енергоощадності СКП [4], [5], але результатів досліджень із визначення ефективності повітрообміну в приміщенні, яке є складовим елементом СКП [5], із застосуванням ексергетичного методу аналізу на сьогодні в літературі немає.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Ціль статті – показати можливість коректної чисельної оцінки ексергетичної ефективності повітрообміну в приміщенні, яке обслуговується СКП. Основним завданням статті є представлення методики визначення ефективності повітрообміну в приміщенні із застосуванням ексергетичної теорії.

**Основна частина.** Складовим елементом системи кондиціонування повітря є приміщення, в якому в процесі асиміляції надлишків шкідливих речовин відбувається деструкція ексергії припливного повітря. Структурна схема потоків ексергії вентилязованого приміщення наведена на рис.1.В

приміщення заходить матеріальний потік повітря з ексергією  $E_a^{in}$ , а в самому приміщенні присутня сума ексергетичних потоків шкідливих речовин, яка на схемі позначена через  $E^{ex}$ . Через зовнішні огорожувальні конструкції в середину приміщення надходить теплота від сонячної радіації з ексергією  $E_{h,r}^{in}$ . В холодний період року присутній також ексергетичний потік, який асоціюється із транзитними тепловтратами через огорожувальні конструкції  $E_{h,tr}^{tr}$ . Ексергетичні потоки  $E_{h,r}^{in}$  та  $E_{h,tr}^{tr}$  враховується як складові в сумі ексергетичних потоків надлишків  $E^{ex}$ .

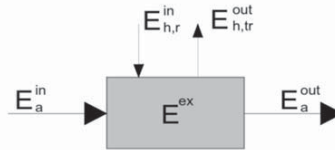


Рис. 1. Схема приміщення з ексергетичними потоками

Ексергетичний баланс для стаціонарного процесу повітрообміну для теплого періоду за умови  $\frac{E^{out}}{E^{in}} < 1$

$$E_a^{in} - E^{ex} - E_{h,r}^{in} - E^d - E^{out} = 0 \quad (1)$$

Загальна ексергетична ефективність повітрообміну для теплого періоду

$$\eta_{e,Tot}^{a,s} = \frac{E^{out}}{E_a^{in} - E^{ex} - E_{h,r}^{in}} \quad (2)$$

Ексергетичний баланс для стаціонарного процесу повітрообміну для холодного періоду за умови  $\frac{E^{out}}{E^{in}} > 1$

$$E_a^{in} + E^{ex} - E^d - E_{h,tr}^{ex} - E^{out} = 0 \quad (3)$$

Загальна ексергетична ефективність повітрообміну для холодного періоду

$$\eta_{e,Tot}^{a,wt} = \frac{E^{out}}{E_a^{in} + E^{ex} - E_{h,tr}^{ex}} \quad (2)$$

Проведено розрахунки ексергетичної ефективності повітрообміну для обідньої зали ресторану в залежності від температури зовнішнього повітря. Тепло- й вологовиділення в приміщенні при розрахунках прийняті постійними як і процес повітрообміну. Температура внутрішнього повітря прийнята - 24 °C, відносна вологість - 40%.

На рисунках 2, 3 показано графічні залежності по результатах розрахунків ексергетичної ефективності повітрообміну.

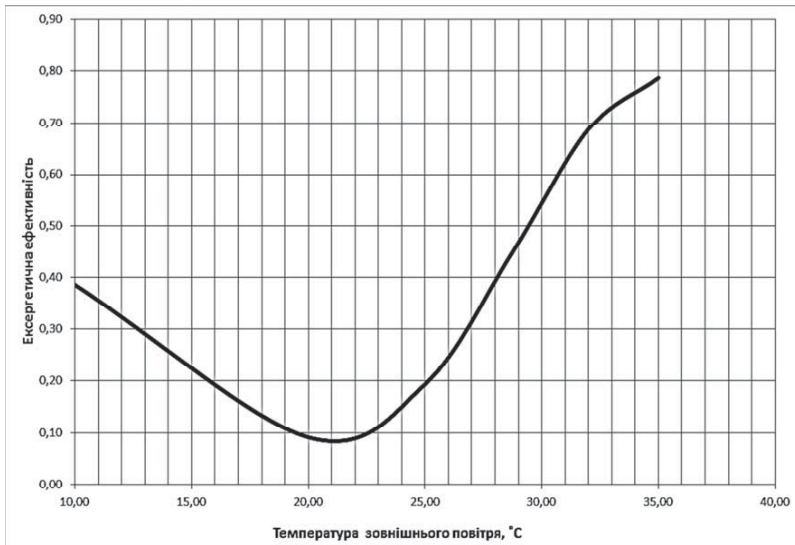


Рис. 2. Ексергетична ефективність повітрообміну в приміщенні для теплого періоду року

Для теплого періоду року характерні суттєві коливання значень ексергетичної ефективності загального повітрообміну в залежності від зовнішньої температури повітря. В діапазоні значень параметрів зовнішнього повітря, які не суттєво відрізняються від параметрів внутрішнього, ексергетична ефективність повітрообміну незначна і складає 10...20 %. Із збільшенням різниці температур зовнішнього та внутрішнього повітря загальна ексергетична ефективність повітрообміну суттєво зростає до значень 70% і більше. Це спостерігається як в бік більших так і менших значень температур зовнішнього повітря. Таке можна пояснити тим, що темп зростання ексергії викидного повітря  $E^{out}$  із зміною зовнішньої температури більше ніж темп зростання суми значень ексергій, що в знаменнику формули (2)  $E_a^{in} - E^{ex} - E_{h,r}^{in}$ .

В холодний розрахунковий період року суттєвих коливань ексергетичної ефективності повітрообміну як в теплий період не спостерігається, значення ефективності в цілому значно більші і не зменшуються нижче 70%. Крива ексергетичної ефективності похила в бік збільшення температури зовнішнього повітря.

Слід зазначити, що визначення ексергетичної ефективності за універсальними залежностями на підставі складання ексергетичного балансу за наведеними вище формулами не завжди може бути коректним [6]. Поняття ексергетичної ефективності для процесу повітрообміну не зовсім відповідає вимогам щодо визначення коефіцієнту корисної дії, якщо розглядати його як

процес змішування ексергетичних потоків [6]. Такий процес обмежений тільки інформацією зменшення ексергії одного потоку та збільшення іншого і не показує «корисної роботи», яка потрібна при визначенні власно «корисної» ексергії. В подальших публікаціях ми подамо порівняльні розрахунки визначення ексергетичної ефективності повітрообміну за функціональною та універсальною залежностями[7], що на нашу думку може визначити більшу коректність і удосконалити ексергетичний аналіз для дослідження СКП.

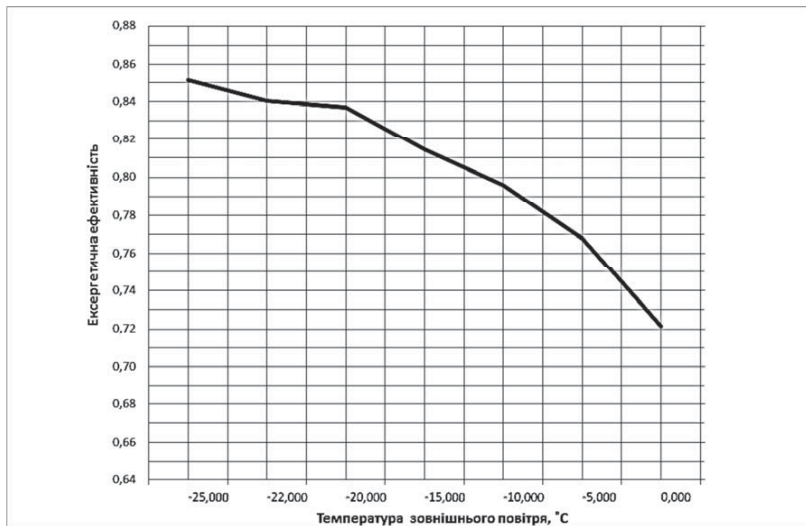


Рис. 3. Ексергетична ефективність повітрообміну в приміщенні для холодного періоду року

**Висновки.** В роботі показана можливість обчислення ексергетичної ефективності повітрообміну приміщення за універсальними залежностями на основі ексергетичних балансів. Представлені результати мають практичне застосування при розрахунках повітрообміну в приміщенні з урахуванням енергоефективності при кондиціонуванні повітря.

**Перспективи подальших досліджень.** Визначення ексергетичної ефективності повітрообміну в приміщенні має перспективи для застосування при проектуванні систем кондиціонування повітря для приміщень різного призначення. В подальших дослідженнях можливо удосконалення поданої методики в бік визначення корисного ефекту повітрообміну з точки зору ексергетичної теорії. В результаті застосування вказаного методу оцінки ефективності повітрообміну СКП стає можливим визначення можливих енерговитрат на обробку повітря при різних значеннях параметрів зовнішнього повітря.

## Література

1. Белова Е. М. Центральные системы кондиционирования воздуха в зданиях Москвы. Евроклимат 2006, 640 с.
2. Крупнов Б. А. Руководство по проектированию систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха / Б. А. Крупнов, Н.С. Шарафудинов, Д. Б. Крупнов. – М. : « ВЕНА», 2006. – 216 с.
3. Бродянский В. М. Эксергетические расчеты технических систем: Справ.пособие АН УССР. Ин-т технической теплофизики / В. М. Бродянский, Г. П. Верхивкер, Я. Я. Карчев и др. – Киев : Наук. Думка, 1991. – 360 с. – ISBN 5-12-0011397-X.
4. Rang Tu. Lowering the regeneration temperature of a rotary wheel dehumidification system using exergy analysis / Tu Rang, Xiao-Hua Liu, Yi Jiang // Journal of Clean Energy Technologies 2015 с. 161-164.
5. Задоянний О. В. Ексергетичні критерії при оцінці енергоощадності систем кондиціонування повітря будівель і споруд / О. В. Задоянний // Науково-технічний збірник «Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. – Вип.17 /відповідальний редактор Е. С. Малкін. – К. : КНУБА.
6. Бродянский В. М. Эксергетический метод и его приложения / В. М. Бродянский, В. Фратшер, К. Михалек // Под ред. В. М. Бродянского. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 288 с. – ISBN 5-283-00152-0;
7. T.A.H. Ratlamwala\*, I. Dincer. Efficiency assessment of key psychometric processes.Faculty of Engineering and Applied Science, University of Ontario Institute of Technology, 2000 Simcoe Street North, Oshawa, Ontario L1H 7K4, Canada. –  
<http://www.sciencedirect.com/sci-hub.io/science/article/pii/S0140700711000363#>

### ЕКСЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОВІТРООБМІНУ В ПРИМІЩЕННІ

*Задоянний О. В., Євдокименко Ю. М.*

В роботі показана можливість определения ефективності воздухообмена в приміщенні с помощью ексергетического анализа. Приведенная методика расчета воздухообмена для помещения со стационарным тепловым режимом для холодного и теплого периодовгода.

### EXERGIC AIR EFFICIENCY INDOOR *Oleksandr Zadoyanny, Yurii Yevdokimenko*

The work shows the possibility of determining the effectiveness of air in the room using exergic analysis. The method of calculating the air to the room with a stationary thermal conditions for cold and warm periods of the yearhave presented.



## СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ РЕСУРСНО-ЛОГІСТИЧНОГО ТА ОРГАНІЗАЦІЙНО-СТРУКТУРНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

*Запропоновано методикау управління ресурсним забезпеченням будівництва, головні принципи створення та складові системи ресурсного забезпечення будівельного процесу. Система складається з оперативного та тактичного рівнів, складові яких тісно пов'язані між собою.*

**Постановка проблеми.** Сучасний стан будівельної галузі України характеризується зменшенням обсягу усіх видів ресурсів, обмеженістю доступу до них, падінням попиту на будівельну продукцію, нестабільністю економічної і фінансової ситуації. Це вимагає використання усіх існуючих резервів для підвищення ефективності будівельного процесу. Сьогодні все більшого значення набувають чинники, що пов'язані з удосконаленням методів організації будівництва як сукупності способів та прийомів взаємодії його елементів (робочої сили, матеріальних, технічних, інформаційних та грошових потоків тощо) у часі та просторі з метою введення об'єкта в експлуатацію у встановлені терміни. Існує нагальна потреба в управлінні відхиленнями термінами поставок ресурсів оперативному режимі, виходячи з реальної ситуації на будівельному майданчику, з метою досягнення проектних термінів виконання будівельних робіт.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вирішенню завдань щодо підвищення ефективності ресурсно-логістичного забезпечення будівництва приділяли увагу наступні українські та закордонні вчені: М. С. Будніков, А. Д. Сипенко, О. М. Лівінський, В. О. Поколенко, А. В. Радкевич, В. І. Садовський, Г. В. Тонкачєєв, В. І. Торкатюк, О. А. Тугай, Р. Б. Тянь, С. А. Ушацький, О. В. Федосова, В. К. Черненко та інші.

Аналіз їх праць і практичного досвіду дозволив зробити висновок, що завдання з ресурсного забезпечення будівництва комплексів і окремих об'єктів, планування, організації, контролю ресурсних потоків на теоретичному і практичному рівнях у даний час вирішуються досить успішно. Однак потребують додаткового розгляду та вирішення цілий ряд задач, що спрямовано на мінімізацію відхилень реальних термінів постачання ресурсів на об'єкт від проектних, визначених під час розробки проектно-технологічної документації (проекту організації будівництва – ПОБ, проекту виробництва робіт – ПВР).

**Формулювання цілей та завдання статті.** Одним з найважливіших факторів, який знижує ефективність системи ресурсного забезпечення будівництва є значна кількість відхилень фактичних термінів та обсягів постачання ресурсів, внаслідок стохастичності будівельного процесу, від проектних, що визначаються на підставі графіків надходження на об'єкт будівельних конструкцій, виробів, матеріалів і устаткування, руху робочих

кадрів і основних будівельних машин по об'єкту у складі ПВР. Прийняття ефективних рішень щодо управління ресурсами, що приймають на будівельному майданчику в оперативному режимі, перешкоджає відсутність дієвої системи інформаційного обміну між учасниками будівельного процесу та різними рівнями управління, запізнення оперативної інформації щодо наявних ресурсів та відхилень реальних термінів їх постачання відпроектних, відсутність єдиної системи формування та вибору ресурсів для всіх учасників будівельного процесу та відповідного інструментарію для прогнозування потреби в різних видах ресурсів.

Тому метою статті є розробка інструментарію управління відхиленнями термінами поставок ресурсів оперативному режимі, виходячи з реальної ситуації на будівельному майданчику, з метою досягнення проектних термінів виконання будівельних робіт.

**Основна частина.** Аналіз сучасних підходів до побудови ресурсно-логістичного забезпечення будівництва дав змогу описати його типову схему (рис.1), виходячи з розуміння логістики як оптимального методу управління ресурсними потоками в системах із синергічними зв'язками. Визначено, що система ресурсно-логістичного та організаційно-структурного забезпечення будівництва складається з підсистем ресурсного забезпечення окремих його учасників (підрядних організацій, окремих постачальників тощо) та взаємозв'язку між ними. Чим складнішою є організаційно-технологічна модель об'єкту, тим складнішою є система його ресурсно-логістичного забезпечення.

Згідно ДБН «Організація будівельного виробництва», заходи з організації будівельного виробництва охоплюють розроблення проектно-технологічної документації, календарне планування робіт, їх фінансового і матеріально-технічного забезпечення, підготовку і управління виробництвом, організацію праці, заходи із своєчасного забезпечення будови матеріалами, конструкціями та устаткуванням, механізацію робіт, охорону навколишнього середовища, забезпечення якості продукції. Планування ресурсно-логістичного забезпечення відбувається на етапі розробки проектно-технологічної документації, яка включає ПОБ (календарний план будівництва та відомість потреби в будівельних конструкціях, výroбах, матеріалах і устаткуванні з розподілом по календарних періодах будівництва) і ПВР (календарний графік виконання робіт або комплексний сітьовий графік, графіки надходження на об'єкт будівельних конструкцій, виробів, матеріалів і устаткування, комплектівочні відомості, графіки руху робочих кадрів і основних будівельних машин по об'єкту).

При здійсненні будівництва терміни, що передбачені календарними графіками, порушуються в силу багатьох причин. Відповідно, виникає необхідність у корегуванні календарних графіків виконання робіт та постачання ресурсів у складі ПВР відповідно до фактичних умов, а у випадку якщо порушення термінів є значним, а будівництво тривалим, то корегується календарний план будівництва у складі ПОБ.

Опитування лінійного персоналу будівельних підприємств, що приймав участь у будівництві об'єктів у м.Києві виявило, що головними факторами, які викликають порушення термінів постачання ресурсів на об'єкт є порушення

інформаційного обміну між учасниками будівництва, фінансові та технічні чинники.

Це дало підстави запропонувати схему побудови системи ресурсно-логістичного та організаційно-структурного забезпечення будівництва (СРЗ), а основу якої покладено принцип самоадаптації.

Основу запропонованої інноваційної СРЗ складають наступні елементи:

1) Інформаційна організаційно-технологічна модель будівництва «*Инф-буд*», побудована на основі програмного комплексу «Мегаплан», який є зручним шаблоном для створення організаційної структури підприємств будь-якого розміру, форми власності, виду діяльності, інтерфейс якого є зрозумілим на інтуїтивному рівні. У програму закладено пояснення щодо її функцій та підказки, що значно полегшує роботу нових користувачів. Це робить її придатною для формування системи ресурсно-логістичного забезпечення будівництва, що характеризується великою кількістю підприємств-учасників, склад яких не є постійним, а змінюється в залежності від етапу будівництва, виду будівельного процесу тощо, множиною функціональних зв'язків між підприємствами.

Метою створення моделі «*Инф-буд*» є формування єдиної бази даних про ресурсне забезпечення усіх учасників будівництва, що полегшує планування, організацію і контроль, дає можливість формування єдиного списку наявних ресурсів, підрядників, постачальників тощо. Це дозволяє контролювати не тільки терміни виконання робіт, але й вартісні показники у розрізі різних виконавців та ресурсів.

2). адаптивна модель управління ресурсним забезпеченням будівництва «*Рес-буд*», яка включає у себе базу даних щодо наявності ресурсів (які можна групувати за виконавцями робіт, постачальниками, видами ресурсів, процесами, конструктивними елементами, потребою в ресурсах, термінами постачання), систему моніторингу стану ресурсного забезпечення будівництва на оперативному рівні та систему адаптивних моделей, що призначені для прогнозування відхилень фактичних термінів постачання ресурсів від планових.

Модель призначена для корегування потреби в ресурсах на основі даних про відхилення їх фактичного рівня від планового та даних про фактичне виконання робіт на будівельному майданчику, що надходять в оперативному режимі.

По-суті, інтегральна модель «*Рес-буд*» є комплексом підпорядкованих локальних моделей, що забезпечують прогнозування потреби в матеріально-технічних та трудових ресурсах на основі оперативних даних по будівництву. За допомогою моделі уточнюються терміни постачання ресурсів, календарні графіки виконання робіт на основі моніторингу ходу виконання будівельного процесу.

Після побудови системи інформаційного обміну між учасниками будівельного процесу та початку накопичення інформації в інформаційній базі даних (ІБД) щодо термінів початку робіт, їх темпів, наявності необхідних ресурсів, причин затримок робіт на рівні лінійного персоналу здійснюється

прогнозування фактичних термінів постачання ресурсів на об'єкт та аналіз причин їх відхилень від планових термінів.

Для здійснення прогнозування пропонується система адаптивних моделей, що базується на аналізі фрактальних характеристик часового ряду.

Часовий ряд потреби в ресурсах формується динамічно, в кожен момент часу, фіксується кількість трудових, матеріальних та матеріально-технічних ресурсів, що необхідно залучити до роботи.

При цьому вважають, що ресурсний потік представляє собою дискретний часовий ряд без пропусків фіксованої довжини. Дані беруться з календарних графіків. Для кожного з початкових відрізків даного часового ряду оцінюють рівень персистентності за показником Херста ( $H \in [0,1]$ ), який характеризує ступінь довготривалої залежності в динаміці часових рядів.

Поведінка  $V$  – статистики показує напрямок змін, тенденцію розвитку ряду. Так, якщо часовий ряд випадковий або близький до випадкового, то тенденція не має стійкий характер і розвиток будівельного процесу не відбувається згідно з запланованим графіком. Чим більш персистентний часовий ряд, тим більш трендостійкий рух матеріальних потоків. Причому, якщо ця тенденція зростає, то процес розвивається ефективно у разі скорочення термінів, або неефективно – у випадку їх зростання.

Таким чином, якщо дані персистентні, їх можна застосовувати як вхідні дані для моделей Хольта та Хольта-Вінтерса, авторегресійної моделі. Якщо ряд антиперсистентний, то прогноз здійснюється на основі комбінованої селективної моделі, що включає в себе моделі різних типів середніх плінних. В результаті застосування цих моделей отримаємо конкретне значення відхилення прогнозованих даних від фактичних, що буде більш точним, чим якби використовувався тільки один із методів прогнозування.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Одним з найважливіших факторів, який знижує ефективність системи ресурсного забезпечення будівництва є значна кількість відхилень фактичних термінів та обсягів постачання ресурсів, внаслідок стохастичності будівельного процесу, від проектних, що визначаються на підставі графіків надходження на об'єкт будівельних конструкцій, виробів, матеріалів і устаткування, руху робочих кадрів і основних будівельних машин по об'єкту у складі ПВР. Прийняття ефективних рішень щодо управління ресурсами, що приймають на будівельному майданчику в оперативному режимі, перешкоджає відсутність дієвої системи інформаційного обміну між учасниками будівельного процесу та різними рівнями управління, запізнення оперативної інформації щодо наявних ресурсів та відхилень реальних термінів їх постачання від проектних, відсутність єдиної системи формування та вибору ресурсів для всіх учасників будівельного процесу та відповідного інструментарію для прогнозування потреби в різних видах ресурсів. Визначено типову схему управління ресурсним забезпеченням будівництва, на основі якої виявлено потребу у підвищенні надійності системи ресурсного забезпечення будівельного процесу.

Результати дослідження можуть бути використані з генпідрядними підприємствами та службами замовника для формування єдиної системи ресурсного забезпечення будівництва, що включає усіх учасників інвестиційно-будівельного процесу, субпідрядним підприємствами – для управління ресурсним забезпеченням.

### **Література**

1. *Антипенко Є. Ю.* Науково-акомодативні засади ресурсно-календарного моделювання будівельного виробництва / *Є. Ю. Антипенко* // Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.08. – «Технологія та організація промислового та цивільного будівництва». – Київ : КНУБА, 2011. – 32 с.
2. *Зельцер Р. Я.* Методичні основи створення бінарної системи управління ресурсним забезпеченням будівництва / *Р. Я. Зельцер, Д. В. Дубінін* // Будівельне виробництво. – 2014. – Вип. 57 (2). – С.13–17.
3. *Тугай О. А.* Передумови та аналітичні основи запровадження інновацій в організаційно-технологічне моделювання підготовки будівництва / *О. А. Тугай [та ін.]* // Містобудування та територіальне планування : наук.-техн. зб. – К. : КНУБА, 2009. – Вип. № 35. – С. 449–458.
4. *Зельцер Р. Я.* Організація будівельної діяльності / *Р. Я. Зельцер, В. М. Погорельцев, Є. Р. Зельцер, О. А. Тугай.* – Київ : КНУБА, 2014. – 231 с.

### **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РЕСУРСНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО И ОРГАНИЗАЦИОННО-СТРУКТУРНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА**

*Зельцер Р. Я., Дубинин Д. В.*

В статье приведена методика управления ресурсным обеспечением строительного предприятия. Предложены главные принципы построения и основные составляющие системы ресурсного обеспечения строительного процесса. Система состоит из оперативного и тактического уровней управления, которые тесно взаимодействуют между собой.

### **CONTEMPORARY ISSUES RESOURCE LOGISTICAL AND ORGANIZATIONAL AND STRUCTURAL MAINTENANCE OF CONSTRUCTION**

*R. Zeltser, D. Dubinin*

The article describes the method of management of resource maintenance of constructions. Proposed the main principles and basic components of the system resources to ensure the construction process. The system consists of operational and tactical levels of management who work closely together.

## НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИЙ ПРОВІСНИК НАГРІВУ

Київського національного університету будівництва і архітектури, Україна

*Проведено експериментальне дослідження ранніх стадій нагрівання внутрішніх точок об'ємних тіл при нагріванні їх з поверхні. Встановлено особливі теплові ефекти на початкових стадіях в системах нагріву (чи охолодження) об'ємних тіл та систем, які необхідно враховувати при розробці теплових систем, контролі та управлінні процесами нагріву складних теплових агрегатів.*

**Вступ.** Відомий розв'язок рівняння теплопровідності параболічного типу при розігріві з поверхні однорідних зразків матеріалів різної форми (крайова задача I роду [1]), який зводиться до гладких монотонних функцій зміни температури в усіх точках об'єму матеріалу. На основі подібних розв'язків розроблені методи визначення коефіцієнтів теплопровідності матеріалів: метод регулярного режиму нагрівання [2] та імпульсний метод [3]. Ці ж розв'язки покладено в основу роботи контрольно-вимірювальної апаратури, яка управляє тепловим режимом нагрівних агрегатів.

В реальних системах поверхневий нагрів супроводжується додатковими тепловими ефектами, які не враховані рівнянням теплопровідності, проте можуть впливати на результати динамічного управління роботою подібних систем. Таким ефектам, яким ми дали загальну назву низькотемпературних провісників нагріву (НПН), присвячена дана робота.

**Спостереження та експерименти.** Відкритий газовий об'єм. Вперше низькотемпературний провісник нагріву ми спостерігали на вакуумній установці з термообробкою виробів при вакуумуванні зовнішнім обігрівом. В якості обігрівача використовувалась піч з алюмінієвим циліндричним корпусом 1 (рис. 1а), відкрита торцева частина 2 якої частково закривалась теплоізоляційним затвором. Нагрівні елементи печі 3 також ізолювались від корпусу і внутрішнього об'єму азбестовими ізоляторами. Періодичним вмиканням нагрівача втримувався температурний режим всередині пічки від  $T_0=400^\circ\text{C}$  до  $T_m=450^\circ\text{C}$ , який контролювався ртутним термометром 4.

Суть низькотемпературного провісника нагріву в тому (рис. 2), що замість очікуваного плавного підйому температури від величини  $T_0$  з моменту вмикання нагріву  $t_0$ , відбувалось досить стрімке її падіння на величину  $\Delta T_{\Pi} \sim 25^\circ\text{C}$  нижче  $T_0$  за досить малий проміжок часу  $\Delta t_{\Pi} \sim 150$  секунд. А в подальшому нагрів відбувався відповідно до наших очікувань. Орієнтуючись на можливу причину подібного явища, нами були проведені додаткові експерименти з трьома іншими установками та різними об'єктами дослідження.

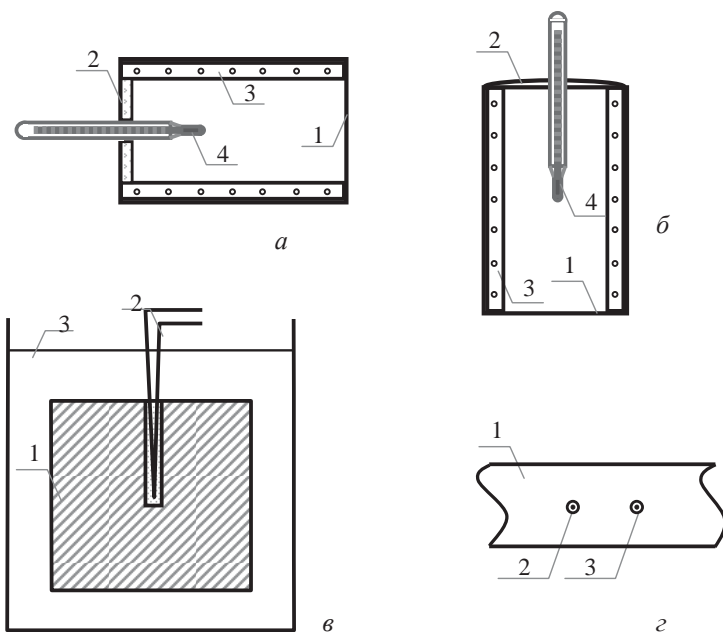


Рис. 1. Експериментальні установки для спостереження та дослідження: *а* – відкритий газовий об'єм, *б* – герметично закритий газовий об'єм, *в* – обмежене суцільне тверде тіло, *г* – необмежене суцільне середовище.

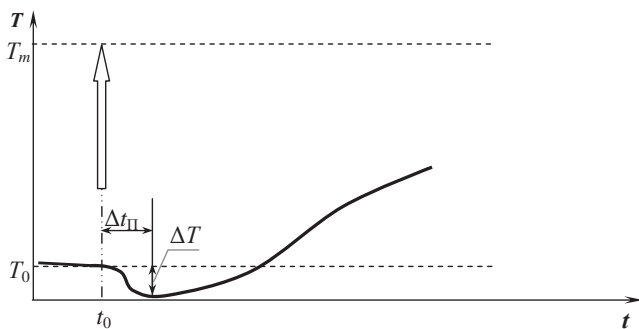


Рис. 2. Низькотемпературний провісник нагріву - провал температури  $\Delta T_{\text{П}}$  на експериментальній температурній залежності (жирна лінія на графіку). Момент  $t_0$  – початок поверхневого прогріву або момент прикладання теплового імпульсу.

Наступним об'єктом був *герметично закритий газовий об'єм*. В якості експериментальної установки використано попередньо висушений від вологи автоклав (рис. 1б), який представляв собою залізний циліндр 1 з кришкою 2 для герметизації об'єму, аналогічно виконаним нагрівним елементом 3 та термометром для контролю температури 4. Результати експерименту виявились аналогічними рис. 2, змінились лише параметри НПН: зниження температури склало величину  $\Delta T_{\Pi} \sim 8-10^\circ\text{C}$ , а час появи температурного мінімуму знизився  $\Delta t_{\Pi} \sim 60-80$  секунд.

Також було досліджено нагрів *суцільних обмежених твердих тіл*. В якості експериментальної установки використано установку вимірювання коефіцієнтів теплопровідності твердих тіл методом регулярного режиму [2]. Частина експериментальної установки приведена на рис. 1в. В центр експериментального зразка 1 (ебонітовий циліндр) заводився датчик температури 2 (термопара мідь-константан), а сам отвір герметизувався епоксидною смолою. Вимірювання зводилось до фіксації температури в центрі зразка з моменту  $t_0$  опускання його в посудину 3 з киплячою водою ( $T_m = 100^\circ\text{C}$ ). І в цьому випадку графік нагрівання центральної частини зразка мав вигляд рис. 2. Дещо іншими були параметри НПН: провал температури знизився  $\Delta T_{\Pi} \sim 2-3^\circ\text{C}$ , відповідно зменшився час появи температурного мінімуму  $\Delta t_{\Pi} \sim 25-30$  секунд.

Проведені експерименти робили все точнішими наші уявлення про фізичну суть ефекту НПН, в якому основну роль відігравали явища на поверхні об'ємів, що нагріваються. Для підтвердження уявлень був запропонований ще один експеримент по дослідженню *необмеженого суцільного середовища* (рис. 1з). Передбачалось, що при відсутності поверхневого нагріву зникатиме і вказаний ефект.

Для дослідження вибирали великі зразки 1 однорідних будівельних матеріалів, в центрі яких просвердлювали два близько розташовані отвори для нагрівача 2 (ніхромова проволочка) та термопари 3. Як і в методиці вимірювання коефіцієнтів теплопровідності імпульсним методом [3], в момент  $t_0$  подавався імпульс струму, що нагрівав ніхромову проволочку 2, а розповсюдження тепла реєстрували термопарою 3.

Здивуванням було те, що низькотемпературний провісник нагріву проявився і цьому експерименті. Причому, параметри НПН стали настільки незначними, що їх фіксація стала можливою лише за надзвичайної уваги до ранньої стадії нагріву. Зокрема час появи мінімуму температури  $\Delta t_{\Pi}$  впав до 10-12 секунд, а сам температурний провал  $\Delta T_{\Pi}$  знизився до  $0,2-0,3^\circ\text{C}$ . Проте ефект спостерігався стабільно – на всіх зразках матеріалів і при різних режимах експериментування.

**Пояснення експериментів та їх аналіз.** Фізична суть ефектів НПН більшості експериментів стає зрозумілою, якщо врахувати, крім повільного явища теплопровідності, додаткові більш швидкі процеси розігріву та теплового розширення поверхневої оболонки газів чи поверхневого прошарку зразків матеріалів в конденсованому стані. В випадку установки рис. 1а, з моменту  $t_0$  вмикання процесу нагрівання, першим прогрівається та



розширюється алюмінієва оболонка печі. А тоді через отвір в теплоізоляційному затворі 2 в об'єм печі починають поступати холодні маси повітря, що й обумовлює низькотемпературний провал кінетики прогріву рис. 2.

В випадку закритого газового об'єму рис. 1б також найшвидшим процесом є прогрів та розширення металевої оболонки 1, що на ранній стадії обумовлює адіабатичне розширення закритого об'єму повітря:  $TV^{(\gamma-1)} = \text{const}$ , де  $\gamma=1,4$  – показник адіабати для двохатомного газу. Розрахунки за рівнянням адіабати для параметрів конкретної установки дають величину  $\Delta T_{\Gamma}=12^{\circ}\text{C}$ , що, враховуючи інертність способу реєстрації температури, добре корелює з результатами експериментального дослідження.

При поверхневому прогріві суцільних обмежених конденсованих середовищ (рис. 1в), роль оболонки, яка прогривається та розширюється, виконують розігріті поверхневі прошарки зразків матеріалів. Це також супроводжується адіабатичним розширенням всього об'єму матеріалу та відповідним зниженням температури в центральних областях, куди тепло, враховуючи повільний процес теплопровідності, ще не поступило. Накладання адіабатичного розширення на процеси теплопровідності значно ускладнює моделювання процесу нагріву зразків різної форми, проте оцінки показують збіжність з результатами експерименту.

І лише у випадку необмежених суцільних середовищ (рис. 1г) ми не змогли визначитись з простою фізичною моделлю, яка пояснювала б існування низькотемпературного провісника нагріву. Спроби залучити до пояснення НПН будь-які термодинамічні чи молекулярно-кінетичні ефекти не приводили до успіху. Врешті решт нами був зроблений висновок про *нездатність статистичної фізики в сучасному її стані дати аргументоване пояснення подібному ефекту в випадку напрямлених потоків тепла в необмежених середовищах*.

Основою для такого висновку стала проведена нами аналогія між напрямленим переносом тепла, який здійснює потік газу фононів (теплових квантів) і горизонтальним потоком газу, що задовільно описується рівнянням Бернуллі:

$$p + \frac{\rho v^2}{2} = \text{const} = p + \frac{J_m^2}{2\rho}, \quad (1)$$

яке ми представили через густину потоку маси газу  $J_m = \rho v$ . Тоді подібне рівняння для потоку фононного газу також допустимо представляти через густину потоку тепла  $J_Q \sim \text{grad}T$ . За фізичним змістом об'ємна густина енергії фононного газу рівна  $\rho c_m T$ , в той час як для звичайного газу вона співпадає з тиском  $p$ . Звідси для напрямленого переносу тепла матимемо аналог рівняння Бернуллі:

$$\rho c_m T + B \frac{J_Q^2}{2\rho c_m} = \text{const}, \quad (2)$$

в якому  $B$  – розмірний коефіцієнт модельного переходу.

Легко бачити, відповідно до (2), що помітне зниження температури  $T$  можливе лише при значних теплових потоках  $J_Q$ , які специфічні для ранніх

стадій нагріву 10-15 секунд, коли великими є градієнти температури  $\text{grad}T$ . Це співпадає з експериментальними спостереженнями, а тому такий модельний перехід слід вважати задовільним. Проте зауважимо: саме рівняння Бернуллі не має виведення в статистичній фізиці.

Насамкінець, зауважимо таке. Крім розглянутого механізму виникнення НПН за формулою (2), яка квадратична по густині потоку тепла  $J_Q$  та не змінює знак при зміні напрямку потоку, всі інші випадки виникнення ефектів НПН знакозмінні.

**Висновки.** По-перше, ми акцентуємо увагу спеціалістів в області контролю та управління тепловими установками на ранніх стадіях процесів при різких змінах теплових режимів установок, які супроводжуються ефектами НПН чи ВПО.

По-друге, ми привертаємо увагу всіх до системи закалювання організму, відомо як система Порфирія Іванова. В основі цієї системи лежить не релігійна віра, а фізичні ефекти різкого тимчасового підвищення температури організму при різких охолодженнях поверхні тіла (типу ВПО), які ефективно борються з вірусними та мікробними зараженнями.

По-третє, ми констатуємо неспроможність статистичної фізики в сучасному її стані до описання явищ самоупорядкування в системах з напрямленими потоками. На сьогодні поза межами адекватного описання знаходяться не тільки приведений нами ефект НПН, а й комірки Бенара, вихори Тейлора і т.п. [4].

### *Література*

1. *Лыков А. В.* Теория тепло- и массопереноса / А. В. Лыков, Ю. А. Михайлов. – М. – Л. : Госэнергоиздат, 1963. – 535 с.
2. *Кондратьев Г. М.* Регулярный тепловой режим. – М. : Гостехиздат, 1954. – 408 с.
3. Методы определения теплопроводности и температуропроводности / Под ред. *А. В. Лыкова*. – М. : Энергия, 1973. 336 с.
4. *Карери Дж.* Порядок и беспорядок в структуре материи. – М. : Мир, 1985. – 232 с.

### **НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ ПРЕДВЕСТНИК НАГРЕВА**

***Клапченко В. И., Григораши Ю. И.,  
Кузнецова И. А.***

Установлены особые тепловые эффекты на начальных стадиях в системах нагревания (или охлаждения) объемных тел и систем, которые необходимо учитывать при разработке тепловых систем, контроле и управлении процессами нагреву сложных тепловых агрегатов.

## **HARBINGER OF LOW-TEMPERATURE HEATING**

*Vasiliy I. Klapchenko, Yuriy I. Grigorash,*

*Irene A. Kuznetsova*

Special thermal effects in the early stages in the heating systems have been installed for volume bodies and systems that need to be considered for design of heating systems, for control and management of complex heating processes of heating units.

## МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД ФІНАНСУВАННЯ ЗАХОДІВ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ БУДІВЕЛЬНОЇ ІНДУСТРІЇ

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

*У статті проаналізовано міжнародний досвід фінансування заходів енергозбереження. За результатами дослідження надані рекомендації щодо підвищення енергоефективності на кожному з п'яти рівнів структури економічних систем, зокрема, з імплементаванням сучасних концепцій енергозбереження («Green Lease», «Passive House», «Triple Zero»); проведення енергоаудиту та сертифікації енергетичної ефективності будівель; збільшення частки нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії в енергетичному балансі країни; створення консультативно-інформаційних центрів з питань пропаганди заходів енергозбереження; розробка дієвих інструментів щодо упередження бар'єрів при управлінні енергозбереженням на будівельних підприємствах.*

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день Україна спроможна задовольняти себе комплексом енергоресурсів власного виробництва менше ніж на 50%, що робить її енергодефіцитною країною. В той же час енергоемність валового внутрішнього продукту України в два рази вища за енергоемність промислово розвинених країн, а ефективність використання енергоресурсів нашого промислового комплексу вкрай низька [2].

Стратегічним пріоритетом для України є досягнення високого рівня енергоефективності, енергонезалежності й енергобезпеки національної економіки. Однією зі структурних компонент запропонованих стратегічних орієнтирів енергоресурсозбереження є формування й реалізація енергоефективного, пасивного будівництва. Акцептуалізація питання підвищення рівня енергоефективності, зокрема, житлового будівництва обумовлена тим, що будівлі споживають близько 40% паливно-енергетичних ресурсів, яке потребує значного фінансування.

Наведемо основні фінансові показники в контексті заходів енергозбереження в будівництві та ЖКГ [7]:

- в житловий фонд України до 2020 р. необхідно 300 млрд. грн;
- інвестицій з урахуванням вартості модернізації котелень підприємств Теплокомуненерго – 60–75 млрд. грн;
- скорочення втрат теплової енергії внаслідок теплосанатції будівель може скласти близько 41%, у грошовому еквіваленті економія бюджетних коштів оцінюється на рівні 150–600 млрд. грн.

Вибірково-фрагментарна система управління фінансуванням енергозбереження на підприємствах будівельного комплексу призводить до обмеженої кількості реалізованих заходів з підвищення рівня

енергоефективності й потребує вивчення міжнародного досвіду вирішення зазначеної проблематики.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Актуалізація досліджуваної проблематики детермінувала вивчення управління фінансуванням енергозбереження у різних сферах господарсько-комерційної діяльності низкою вчених: Бригілевич В., Войтко С., Казаков Г., Караєва Н., Комеліна О., Ратушняк Г., Ратушняк О., Щербініна С. та ін.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Метою статті є дослідження досвіду фінансування заходів енергозбереження провідними країнами світу в ракурсі адаптації сучасних управлінсько-регуляторних технологій до умов функціонування підприємств будівельного комплексу України.

**Основна частина.** Енергозбереження – це формалізований інструментарій, який активізує через призму формування й реалізації певних заходів досягнення стратегічних орієнтирів політики енергоресурсозбереження: підвищення рівня енергетичної безпеки, конкурентоспроможності виробничо-комерційних систем, зниження та упередження шкідливої екологічної дії енергоресурсів, що використовуються [9].

Проблема формування й реалізації ефективних заходів енергозбереження в будівництві актуальна й для передових країн світу, але вже існують практики результативного вирішення цих задач на засадах системності й з певною ефективністю.

Розглянемо досвід провідних країн світу у вирішенні проблем фінансування заходів енергозбереження. Активізація процесів формування й реалізації дієвої державної політики енергозбереження обумовлена імплементацією постулатів концепції сталого розвитку економіки, зокрема реалізація «зелених» заходів, розвитком ринкових механізмів і стимулювання економії ресурсів, створення та вдосконалення відповідних нормативно-правових актів.

Проведений контент-аналіз комплексу заходів [5; 7], що розробляються й імплементуються країнами Європейського Союзу та США для підвищення рівня енергоефективності та енергозбереження надав можливість ідентифікувати практично-прикладні вектори, що можуть бути доцільними для нашої держави:

- впровадження нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії;
- модернізація житла та устаткування;
- ефективне управління фінансуванням заходів енергозбереження;
- дієве нормативно-правове регулювання енергоспоживання;
- інтегрованості фінансових ресурсів (державно-приватне партнерство);
- реалізація сучасних концептуальних засад в будівництві та ЖКГ: «Passive House», «Triple Zero», «Green Lease».

Розглянемо конкретні приклади заходів енергозбереження в зарубіжних країнах.

Впровадження енергозбереження в Німеччині фінансують банки й великі корпорації, а не держава. Державна політика у сфері енергоефективності

здійснюється на підставі закону про економію енергії; енергетичних стандартів санації будівель, розроблених Німецьким банком реконструкції та розвитку KfV; відповідних положень щодо енергоощадної теплоізоляції будівель; впровадження єдиного федерального енергетичного паспорту.

Доречі, в Німеччині проводяться масштабні інформаційні та рекламні кампанії; організовуються тематичні міжнародні форуми, виставки, ярмарки; скликаються робочі зустрічі та круглі столи. Крім того, щоденно проводяться промо-акції на вулицях міст, в ЗМІ генеруються написання статей за відповідною тематикою, видаються спеціалізовані шкільні та студентські газети і журнали. «Популяризація – основний інструмент підвищення енергоефективності в Німеччині» [4].

Будинкам з оптимальними показниками енергозбереження видають зелений паспорт, з незадовільними – червоний. Банки сприймають зелений паспорт як запоруку не ризикованого кредитування клієнтів. Наприклад, у Швейцарії інвестори, що вкладають кошти в будівництво будинків з низьким енергоспоживанням, отримують державну субсидію у розмірі 50 000 євро. У Франції до власників, утеплюючим будинки, здані в експлуатацію до 1977 р., застосовуються податкові пільги в розмірі 40%. У США енергетичні компанії встановлюють пільгові тарифи на оплату енергії для енергоефективних будівель. У той же час, крім дієвих фінансових механізмів стимулювання власників житла та інвесторів, в країнах Європи та США діють законодавчі норми, що встановлюють жорсткі стандарти енергоспоживання для знову споруджуваних будинків, системи контролю енергоефективності та притягнення до відповідальності за порушення цих норм [4].

У Нідерландах з 1996 р. введений регулятивний енергетичний податок, мета якого полягала в забезпеченні фінансових стимулів для енергозбереження і скорочення викидів в атмосферу вуглекислого газу. З 1998 р. енергетичні податки подвоєні і податкове навантаження, пов'язане з таким збільшенням, поділено пропорційно між домогосподарствами і галузями промисловості (68 % припадає на домогосподарства, а 32 % – на промисловість). Такий розподіл податкового навантаження викликаний тим, що даний захід є спробою уникнути економічних ризиків, пов'язаних з конкуренцією зі сторони підприємств з тих країн, де аналогічного податку немає.

Стосовно амортизаційної політики у Нідерландах існує схема вільного нарахування зносу на екологічні інвестиції – так звана схема Vamil. Вона забезпечує підприємцям фінансові переваги, оскільки допускає прискорену амортизацію певного устаткування включеного в екологічний перелік для цілей оподаткування (перелік Vamil), що знижує податкові платежі компанії та її відрахування від прибутку в перші роки після здійснення інвестицій і покращує положення компанії з погляду надходження грошей. У рамках Схеми пільг по енергоінвестиціях (EIA) пропонуються податкові пільги відносно інвестицій в енергозберігаючі технології. Якщо те або інше устаткування включене в список Vamil, то до 52 % інвестиційних витрат можна відняти з прибутку оподаткування [1, с. 83].

Для стимулювання енергозбереження в Чеській Республіці передбачаються пільги на податок з прибутку при впровадженні енергоефективного устаткування та установок по переробці відходів. Платники податків можуть зменшувати базу оподаткування на 10 % від купівельної ціни таких установок – як теплові насоси, електрогенератори для теплоелектростанцій потужністю до 2,5 Мвт, а також іншого електроустаткування. Для екологічно сприятливих продуктів і товарів, пов'язаних з енергозбереженням встановлена нижча ставка ПДВ (5 % замість 22 %). Таким чином, ПДВ використовується в цілях залучення інвестицій в енергоефективність [3, с. 82].

У Великобританії енергозберігаючі технології в будівництві застосовуються упродовж багатьох років. Пріоритетними напрямками підвищення рівня енергоефективності є: використання ефективної теплоізоляції, зниження тепловтрат через системи вентиляції шляхом установки теплообмінників (рекуператорів), призначених для повернення тепла витяжного повітря назад в будівлю. Зокрема, було запропоновано посилення теплоізоляції зовнішніх стін системою типу «Woolawax» і використання вікон з подвійним склінням. Розрахунки показали, що впровадження тільки цих заходів забезпечують економію коштів на енергоресурси в сумі 50 фунтів стерлінгів в рік на 1 будинок. Вартість заходів щодо економії енергії на опалювання однієї будівлі складала 300 фунтів стерлінгів. При цьому термін окупності складає 2,6 р. [1, с. 124].

Експерти в США зазначають, що підвищення рівня енергоефективності надає безліч економічних переваг: зниження витрат на сплату комунальних послуг; підвищення комфорту будинків і офісів, а також збільшення вартості нерухомості; зростання продуктивності та конкурентоспроможності економіки за рахунок оптимізації витрат на ведення бізнесу; посилення енергетичної безпеки; оптимізація витрат на інфраструктурне забезпечення енергетичної системи; зменшення викидів парникових газів та упередження ризиків зміни клімату [14].

Відповідно до загальноновизнаного курсу сталого розвитку, на реалізацію постулатів «зеленої» економіки, за підрахунками UNEP, в найближчі два роки потрібно близько \$ 750 млрд., тобто приблизно 1% від обсягу світового ВВП. Ця сума надасть можливість створити «зелену» інфраструктуру з метою створення базису глобальної «зеленої» економіки. Завдяки значній економії ресурсів через використання в будівництві «зелених» технологій, навіть при високій вартості окупність 5-6 років [12].

В США, Європі та Австралії набуває все більшого поширення, як один з інструментів фінансування реалізації заходів енергозбереження «Green Lease» («зелена оренда»). Зелена оренда – це загальний термін, який відноситься до стратегії підприємства, що формалізує обов'язки між орендарями та орендодавцями щодо зелених заходів будівлі. Зелений лізинг є одним з інструментів, які можуть бути використані для підвищення рівня енергоефективності комерційної нерухомості.

Зелена оренда – забезпечує реалізацію зобов'язань між орендодавцем та орендарем будівлі в контексті мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище [15].

З юридичної точки зору, «зелену» оренду можна охарактеризувати як комплекс взаємних прав і обов'язків орендодавця і орендаря за договором оренди, які надають можливість зазначеним особам спільними зусиллями забезпечувати відповідність приміщень, наданих в оренду орендодавцем, і діяльності орендаря в цих приміщеннях певним екологічним стандартам. Такі стандарти, як правило, розробляються неурядовими організаціями і в різних країнах мають різний предмет регулювання: від енергетичної ефективності до всебічної мінімізації впливу на навколишнє середовище та створення екологічно сприятливого середовища проживання для людини.

Натеper, виокремлюють бар'єри, що перешкоджають більш широкого впровадження зеленої оренди:

- відсутність знань про потенційні можливості зеленої оренди;
- брокери і юристи мало знайомі з практикою зеленого лізингу.
- розділяючі (Split) бар'єри, що виникають, коли сторона, яка платить авансом витрати на поліпшення ефективності відрізняється від того, хто отримує вигоду з майбутньої економії енергії. Наприклад, «загальна» оренда передбачає, що комунальні послуги, як правило, входять у вартість оренди. В результаті мешканці мало простимульовані для економії енергії в своїх орендованих приміщеннях, оскільки витрати на енергію оплачуються власником.

Проте, при «чистій» оренді, відбувається протилежна ситуація: мешканці сплачують свої комунальні рахунки щомісяця, тому власники будинків не простимульовані для інвестицій в енергоефективність. Орендарі не готові вкладати кошти в енергоефективність, якщо термін їх оренди менший, ніж проект з енергозбереження [12].

У Нідерландах орендарі соціального житла захищені від збільшення загальних витрат на житло, що включає основу оренду і комунальні витрати, у разі дотримання основних правил енергозбереження. Голландські корпорації, що будують соціальне житло мають доступ до гарантованого державою довгострокових позик під низькі відсотки.

Успішна програма фінансування повинна створити стимули для всіх зацікавлених сторін: мешканці (економія), орендодавці (економія / інвестиції), комунальні послуги (захист / вирішення проблем з не сплатою за надані послуги) і розширення банків. Значні транзакційні витрати, пов'язані з реалізацією інвестицій в «зелений» лізинг стримують орендодавців від модернізації їхнього майна, тому одним зі стимулів мають стати програми фінансування.

Заборона в деяких країнах здавати в оренду житло, що має дуже низький рівень енергоефективності надає чіткі орієнтири розвитку ринку енергоресурсозбереження. В даному ракурсі прийнятий підхід у Великобританії в 2011 р., де законодавством визнано незаконним здавати в оренду житло клас енергоефективності якого відповідає рівню F або нижче після 2018 р. разом з тим, мешканці мають право з 2016 р. вимагати проведення



заходів енергозбереження в орендованому помешканні. В трансформаційний період 2014-2017 р.р. імплементуються схеми податкових пільг для того, щоб надати фінансову підтримку орендодавцям. У Німеччині, натепер, реалізується схожа схема підвищення рівня енергоефективності житла, що проходить випробування в 7 громадах [10].

Одна з головних причин, яка обумовлює існування Green Lease, – це сертифікація будівель відповідно до визначених стандартів. Екологічні характеристики будівлі і його вплив на людину і навколишнє середовище можливо оцінити критеріями «зелених» стандартів, покликаних забезпечити перехід від традиційного проектування і будівництва до збалансованого (сталого), яке пропонує наступні принципи: безпека і сприятливі умови життєдіяльності людини; обмеження негативного впливу на навколишнє середовище; врахування інтересів майбутніх поколінь.

Найбільш поширеними зеленими стандартами є: а) створений в 1990 р. британський метод екологічної оцінки BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method);

б) розроблений в 1998 р. американський стандарт LEED (Leadership in Energy and Environmental Design – керівництво в енергетичному та екологічному проектуванні);

в) стандарт майбутнього LBC (Living Building Challenge – життєвий виклик будівництва). Останній стандарт містить не лише технічні критерії (розділи – «територія, вода, енергія, матеріали»), але також соціальні (розділи – «здоров'я, справедливість») і естетичні [11].

Нааявність такої сертифікації в деяких країнах надає можливість власникам будівель отримати від держави різного роду пільги. Одночасно така будівля на ринку буде котируватися вище як з точки зору можливості орендодавця встановлювати більш високі орендні ставки, так і з точки зору престижності будівлі для орендаря. Як правило, обов'язок проходження такої сертифікації договором покладається на орендодавця.

Крім цього, в деяких країнах, наприклад в Австралії, поступово формується корпоративне законодавство, яке зобов'язує менеджмент компаній при прийнятті управлінських рішень враховувати їх вплив на суспільство і навколишнє середовище. Таким чином, Green Lease допомагає досягти не тільки цілей енергозбереження та енергетичної ефективності, але і сприяє ефективному управлінню. Вимоги стандартів у рамках Green Lease дещо ширше і часто суворіше державних норм в області екологічної безпеки.

Наведемо приклад реалізації концепції «зеленої» оренди компанією «Pyramid», що базується в північній частині штату Нью-Йорк, є найбільшим забудовником торгових центрів в Сполучених Штатах (володіє і управляє більш ніж 17 мільйонами квадратних футів торгових площ) [16]. Компанія визнала, що, незважаючи на свою прихильність до постулатів сталого розвитку, її здатність впливати на недоліки в реалізації заходів енергоефективності орендарями обмежена в стандартних лізингових угодах. Щоб подолати цю проблему, компанія розробила і реалізувала певні документи у сфері «зеленого

лізингу», і працювала з орендарями надаючи рекомендації щодо заходів енергозбереження їх простору.

Стратегія успіху реалізації концепції «зеленої» оренди:

Співпраця з орендарями («Pyramid» виявила, що найбільш поширеною перешкодою для зеленої оренди є занепокоєння орендаря з приводу вартості енергоефективних заходів, реєстрація і сертифікація LEED). Для вирішення цих проблем в роботі компанії використано високий рівень комунікацій між керівництвом «Pyramid» і орендарями, юристами, брокерами, архітекторами, підрядниками з метою реалізації енергоефективних заходів та запропоновано певні стратегічні концептуальні орієнтири.

Стратегія 1: Запросити до дискусії

Керівництво «Pyramid» вирішило залучити всіх зацікавлених осіб (орендарів, архітекторів та ін.) до лізингових дискусій. Це надало змогу, використовуючи метод мозкового штурму, активізувати вирішення питання, дизайну приміщень, проаналізувати приклади енергозбереження.

Стратегія 2: Консультування орендарів на кожному етапі впровадження заходів з енергоефективності

Досвідчений колектив «Pyramid» у сфері «зеленого» лізингу розробляє комплекс стимулів – забезпечує експертизу в будинку з сертифікації LEED і про-активно працює з орендарями, щоб допомогти їм зрозуміти цей процес, веде переговори, щоб забезпечити пакетом документів, у тому числі список фінансових стимулів, пропонує посібник з сертифікації LEED, щоб цей процес був зрозумілим і доступним для кожного орендаря.

Стратегія 3: Використання найефективніших підходів до енергозбереження. Команда «зеленого» лізингу «Pyramid» інструктує орендарів у відповідності до вимог екологічних і енергетичних стандартів.

Однією з детермінант результативного управління політикою енергоекономії є формування та реалізація ефективних підходів щодо фінансування заходів енергоресурсозбереження. Натеper, удосконалення існуючої системи інвестування проектів енергозбереження, розуміють, як утеплення (модернізація) будинків, нове обладнання на котельнях, імплементацію нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії тощо. З метою оптимізації споживання енергії доцільно активізувати увагу на використанні технологій, методик енергозбереження при новому будівництві.

Погоджуємось з автором [6], що в сфері удосконалення організаційно-управлінських методів забезпечення енергозбереження в першу чергу необхідно здійснити перехід від організаційно-розподільчого до проектно-аналітичного управління, що передбачає відмову від практики тільки розподілу бюджетних коштів та перехід до функцій розроблення механізмів фінансування проектів енергозбереження і контролю за їх дотриманням. Необхідно також запровадити практику укладення добровільних угод між органами державної влади, об'єднаннями підприємств, окремими підприємствами та громадськими організаціями щодо впровадження енергоефективних проектів.

Одним з векторів виконання політики енергоресурсозбереження є державна підтримка, створення сприятливого інвестиційного клімату,

ліквідація бар'єрів. Відповідно до наукових розробок Г. Клейнера [8], який запропонував 5 рівнів в структурі економічних систем, визначимо бар'єри та рекомендації щодо їх упередження при управлінні енергозбереженням на кожному з цих рівнів (табл.1).

Таблиця 1

Рекомендації щодо упередження бар'єрів при управлінні енергозбереженням в будівництві

Рівень	Бар'єри	Рекомендації
Мега	Відсутність стратегії та системного підходу в сфері енергозбереження; Використання викопних паливно-енергетичних ресурсів; потреба в значних фінансових вкладеннях для реалізації нового «зеленого» курсу.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– реалізація постулатів концепції сталого розвитку;</li> <li>– диверсифікація джерел енергопостачання та їх надійності;</li> <li>– пошук інноваційних рішень та інвестицій у новітні енергоефективні технології;</li> <li>– популяризація економічних, екологічних і соціальних переваг ефективного використання нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії.</li> </ul>
Макро	Мало дієві ринкові механізми енергозбереження; високий рівень енергоємності ВВП національної економіки; недостатній рівень інформованості суспільства щодо переваг та потенційних можливостей енергозбереження; майже не розвинені практично-прикладні механізми впровадження форм інтеграційних утворень, зокрема, кластерної взаємодії у сфері енергозбереження.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– створення спеціалізованих державних або змішаних фондів пільгового кредитування для реалізації цільових програм енергозбереження;</li> <li>– організація й підтримка освітніх програм, рекламно - пропагандистських кампаній в області енергозбереження;</li> <li>– державна підтримка та створення сприятливого інвестиційного; клімату;</li> <li>– взаємодія з бізнес-спільнотою та фінансовими інститутами на основі державно-приватного партнерства;</li> <li>– переоснащення житлово-комунального господарства на базі новітніх наукових і технічних досягнень, вітчизняного, міжнародного досвіду;</li> <li>– розробка мотиваційної систем для підприємств, що займаються енергоресурсозбереженням і досягли позитивних результатів.</li> </ul>
Мезо	Високі транзакційні витрати на впровадження заходів підвищення енергоефективності, особливо для малих і середніх підприємств; обмеженість інвестиційних (фінансових) ресурсів, які можна залучити для реалізації енергозберігаючих проектів; нестача коштів в міських бюджетах для впровадження енергозберігаючих заходів та технологій, формування бюджету на енергозбереження за залишковим принципом.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– формування спеціальних регіональних фондів енергозбереження;</li> <li>– стимулювання самофінансування енергозберігаючих проектів суб'єктами господарювання через пільгове оподаткування цих проектів та надання кредитів за зниженими кредитними ставками;</li> <li>– імплементація механізму фінансування енергозберігаючих заходів у бюджетній сфері з використанням коштів державного бюджету, приватних інвестицій, з поверненням інвестицій повністю чи частково за рахунок отриманої економії паливно-енергетичних ресурсів (перфоманс-контрактинг).</li> <li>– на регіональному рівні створення інфраструктурних елементів таких, як інформаційно-консультативні центри енергозбереження.</li> </ul>
Мікро	Низький рівень обізнаності керівників в сфері енергозберігаючих технологій, брак досвіду фінансування проектів. Відсутність стимулів у працівників підприємств до зниження енерговитрат на випуск продукції.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– упровадження передових енергозберігальних технологій у виробництві будівельних матеріалів;</li> <li>– організація, планування та контроль за реалізацією енергозберігаючих заходів, облік енергоресурсів, стимулювання працівників.</li> </ul>
Нано	Недостатня мотивація споживачів до впровадження енергозберігаючих технологій, слабка поінформованість про переваги енергозбереження.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– стимулювання самофінансування енергозберігаючих проектів суб'єктами господарювання через пільгове оподаткування цих проектів та надання кредитів за зниженими кредитними ставками;</li> <li>– інформування споживачів про переваги енергозбереження в ракурсі підвищення комфорту будинків і офісів, а також збільшення вартості нерухомості.</li> </ul>

Вирішення проблематики енергоресурсозбереження потребує скоординованої співпраці між державними органами влади з бізнес-спільнотою, забезпечення інформаційно-пропагандистської та освітньої підтримки груп населення і в різних форматах заходів з енергоекономії та підвищення рівня енергоефективності на запропонованих п'яти рівнях в структурі економічних систем.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Отже, вивчення міжнародного досвіду фінансування заходів енергозбереження будівництві та ЖКГ надав можливість зробити наступні висновки, що державна політика енергозбереження в будівельній індустрії має реалізовуватись на основі: формування та реалізації програм підвищення рівня енергоефективності на кожному з п'яти рівнів структури економічних систем; доцільно імплементувати сучасні концепції енергозбереження («Green Lease», «Passive House», «Triple Zero»); проведення енергоаудиту та сертифікації енергетичної ефективності будівель; збільшення частки нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії в енергетичному балансі країни; створення консультативно-інформаційних центрів з питань пропаганди заходів енергозбереження; розробка дієвих інструментів щодо упередження бар'єрів при управлінні енергозбереженням на будівельних підприємствах.

## Література

1. *Бригілевич В.* Термомодернізація житлового фонду: організаційний, юридичний, соціальний, фінансовий і технічний аспекти: практичний посібник / *В. Бригілевич* [та ін.]. – Львів : ФОП П'ятаков Ю. О., 2012. – 262 с.
2. *Войтко С. В.* Фактори ефективного використання енергетичних та матеріально-технічних ресурсів на машинобудівному підприємстві / *С. В. Войтко* // Вісник НТУ «ХП». – 2014. – Вип. № 65 (1107). – С. 132–139.
3. Енергетична стратегія України на період до 2030 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mpe.kmu.gov.ua/fuel/control/uk/publish/article>.
4. Енергоефективність у Німеччині // Енергосбережение – №1 – 2013 – С. 2.
5. *Казаков Г. В.* Архітектура енергоощадних сонячних будинків / *Г. В. Казаков*. – Львів : ЕКОінформ, 2009. – 287 с.
6. *Караєва Н. В.* Аналіз методів та класифікація заходів управління енергозбереженням в системі забезпечення сталого розвитку України / *Н. В. Караєва* // Механізм регулювання економіки – 2010 – №3 – Т. 2. – С. 117–126.
7. *Комеліна О. В.* Фінансування заходів з підвищення енергоефективності житлового будівництва на рівні регіону / *О. В. Комеліна, С. А. Щербініна* // Бізнес Інформ. – 2014. – №12. – С. 96–102.
8. *Клейнер Г.* Наноекономіка / *Г. Клейнер* // Вопросы экономики. – 2004 – №12 – С.70–93.

9. *Климчук М. М.* Гносеологічний аналіз континууму поглядів на дефініцію «енергозбереження»: системний підхід / *М. М. Климчук* // Сталій розвиток економіки: міжнарод.науково-вироб.журнал. – № 3 (28). – Х. – 2015. – С.49–55.

10. *Климчук М. М.* Теоретико-прикладні засади концепцій енергоефективного будівництва: економічний аспект / *М. М. Климчук* // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: зб. наук.праць. – Вип. 33 – К. : КНУБА, 2015. – С. 52–62.

11. *Ратушняк Г. С.* Управління проектами енергозбереження шляхом термореновації будівель: навчальний посібник / *Г. С. Ратушняк, О. Г. Ратушняк*. – Вінниця : ВНТУ, 2006. – 106 с.

12. *Economidou M.* Overcoming the split incentive barrier in the building sector / *M. Economidou* // European Commission – Joint Research Centre – Institute for Energy and Transport Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2014. – 33 pp.

13. Green Growth Strategy Interim Report: Implementing Our Commitment for a Sustainable Future [C/MIN(2010)5, Paris, 27-28 May 2010]. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.oecd.org/greengrowth](http://www.oecd.org/greengrowth).

14. Green Leasing An Effective Tenant / Landlord Strategy for Energy Efficiency// A Better City (ABC), 2014. – 20 pp.

15. National Action Plan for Energy Efficiency Vision for 2025: A Framework for Change // National Action Plan for Energy Efficiency, 2008. – 23–34 p.

16. Pyramid Companies Implements Green Leasing to Promote Energy Efficiency in Tenant Retail Space. // *Energy efficiency&renewable*, 2014. – P. 1–2.

## **МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ФИНАНСИРОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ**

*Климчук М. М.*

В статье проанализированы международный опыт финансирования мероприятий энергосбережения. По результатам исследования даны рекомендации по повышению энергоэффективности на каждом из пяти уровней структуры экономических систем, в частности, имплементирования современных концепций энергосбережения ( «Green Lease», «Passive House», «Triple Zero»); проведение энергоаудита и сертификации энергетической эффективности зданий; увеличение доли нетрадиционных и возобновляемых источников энергии в энергетическом балансе страны; создание консультационно-информационных центров по вопросам пропаганды мер энергосбережения; разработка действенных инструментов по предотвращению барьеров при управлении энергосбережением на строительных предприятиях.

## **INTERNATIONAL EXPERIENCE IN FINANCING ACTIVITIES FOR ENERGY FACILITIES CONSTRUCTION INDUSTRY**

*Maryna M. Klimchuk*

The article analyzes the international experience of financing energy saving measures. The study provided recommendations to improve energy efficiency in each of the five levels of economic structure, particularly with implementation modern concepts of energy conservation ( «Green Lease», «Passive House», «Triple Zero»); energy audit and certification of energy efficiency of buildings; increase the share of alternative and renewable energy sources in the energy balance of the country; creation of consulting and information centers on promoting energy conservation measures; development of effective tools for preventing barriers to energy conservation management in construction enterprises.

## СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИКОНАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ

<sup>1</sup>Полтавський національний технічний університет  
імені Юрія Кондратюка, Україна,

<sup>2</sup>Інституту місцевого розвитку, м. Київ, Україна,

*В роботі розкривається методика виконання енергетичного аудиту , що базується на комплексному підході до аналізу енергоефективності будівель в умовах змінного теплового режиму роботи огороджень*

**Постановка проблеми.** Виконання енергетичних аудитів житлових будинків, громадських і інших будівель виконується на сьогодні, як правило, виходячи з передумови стаціонарного режиму теплопередачі через огородження на основі обстежень, які виконуються в умовах змінного режиму роботи зовнішніх огороджень без урахування усіх складових теплового балансу. Іншою проблемою енергетичних аудитів є їх необов'язковість з точки зору вимог чинної нормативної документації. Такий підхід не відображає сучасних тенденцій з енергоефективності будівель і моделей розвитку систем генерування і споживання теплоти, які характеризуються переходом від стаціонарних до змінних теплових і гідравлічних характеристик роботи.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Характер обов'язкового енергетичний аудит будівель мав до червня 2015 року лише для тих бюджетних установ для яких здійснювалась реконструкція, або перебудова за рахунок державних коштів.

Наказом №12 від 29.05.2015 Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України було відмінено видачу свідоцтв на право проведення енергоаудиту . Цим документом, також, було анульовано низку інших нормативних документів. Із усіх видів і форм і видів засвідчення енергетичної ефективності будівель на сьогодні чинними залишилось ДСТУ НБА 2.2-5:2007 «Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції» К ., 2008.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Чинні законодавчі ініціативи, а також формальний, у більшості випадків, споживацький підхід більшості енергоаудиторів до виконання енергетичних аудитів, який зводився до заповнення певної встановленої форми, а не до дійсного обстеження енергоефективності будівель, призвів до існуючої ситуації, коли єдиною формою встановлення рівня енергоефективності залишилось складання енергетичних паспортів будівель.

В статті обговорюються питання про зміст та суть виконання енергетичного аудиту систем теплопостачання і будівель, як комплексного заходу з визначення дійсної енергоефективності системи теплопостачання.

Включення питань з виконання енергетичного аудиту в проекти «Закону України про енергетичну ефективність будівель» та «Закону України про енергетичний аудит» дає можливість надіятись на створення дієвого механізму оцінки енергоефективності систем трансформування і використання теплоти.

**Основна частина.** Об'єктами енергетичного аудиту повинні бути не лише системи опалення будинку, але й інші системи, котрі впливають на рівень енергоспоживання і створення необхідних умов життєдіяльності людини:

- огорожувальні конструкції будівлі (стіни, вікна, двері, дах і підлога);
- система опалення,  $Q_{оп}$ ;
- система вентиляції,  $Q_{вен}$ ;
- система гарячого водопостачання,  $Q_{св}$ ;
- автоматична система управління,  $Q_{авт}$ ;
- освітлення,  $Q_{осв}$ ;
- різне обладнання – кухонне, пральне тощо,  $Q_{інше}$ ;
- система кондиціонування,  $Q_{конд}$ .

А рівень споживання енергії у будинку  $Q_{спож.}$  оцінюється як загальний по усіх системах:

$$Q_{спож.} = Q_{оп} + Q_{вен} + Q_{св} + Q_{авт} + Q_{осв} + Q_{конд} + Q_{інше} \quad (1).$$

Не слід також забувати, що основу кожного аудиту повинна становити вивірена енергетична модель об'єкта, в основі якої лежить тепловий, енергетичний або матеріальний баланс.

Так, для систем опалення будівлі за умов забезпечення нормованих параметрів мікроклімату в приміщеннях і дійсних параметрів зовнішнього повітря необхідно в ході енергоаудиту скласти і вивірити тепловий баланс будівлі, до якого входять усі складові надходжень  $\Sigma Q_{надх}$  і втрат теплоти  $\Sigma Q_{втрат}$ .

$$\Sigma Q_{надх.} = \Sigma Q_{втрат} \quad (2),$$

де:  $\Sigma Q_{надх.}$  – сума статей надходження теплоти до будинку, включно з теплом від трубопроводів в опалюваних приміщеннях, від систем освітлення, від сонячного випромінювання, від обладнання, людей і систем опалення;

$\Sigma Q_{втрат}$  – сума статей втрат теплоти, у тому числі через огорожувальні зовнішні конструкції  $Q_{транс.}$ , з інфільтрацією  $Q_{інф}$  тощо.

Рівняння теплового балансу показує наявність тісного взаємозв'язку між окремими складовими надходження і витрат енергії. Наприклад:

- зменшення теплонадходжень від освітлювальних приладів при заміні ламп розжарювання на енергозберігаючі збільшить витрати на опалення;

- заміна дерев'яних рам на металопластикові зі зменшеною повітропроникністю скоротить надходження свіжого повітря до приміщення і зменшить втрати теплоти з інфільтрацією;

- зменшення трансмісійних втрат теплоти через огороження може призвести до надлишків теплоти у приміщеннях з надходженням тепла і до збільшення витрат енергії на потреби вентиляції.

Скорочення витрат енергії не повинно здійснюватись за рахунок погіршення умов перебування людей у приміщеннях, у тому числі – за рахунок



зменшення необхідного повітрообміну у приміщеннях. У житлових будинках він здійснюється за рахунок інфільтрації, на що витрачається значна кількість теплоти. Згідно з українськими нормативами, повітрообмін в житлових приміщеннях повинен бути не менш ніж однократним.

Витрати теплоти на потреби опалення  $Q_{оп}$  житлового будинку, які будуть отримані із рівняння теплового балансу за дійсних параметрів повітря, повинні відповідати показам теплового лічильника  $Q_{ліч}$ , встановленого у вузлі теплового вводу будинку.

Така тотожність для дійсних параметрів мікроклімату означає, що отримана розрахункова модель об'єкта відповідає дійсності і з нею можна продовжити роботу. Після підстановки в рівняння теплового балансу(2) нормованих параметрів внутрішніх і зовнішніх параметрів повітря можна отримати наступні варіанти:

1.  $Q_{ліч} < Q_{оп}$  – у будівлі реалізуються адміністративні методи енергозбереження за рахунок погіршення параметрів мікроклімату; модель складено невірно або існують інші джерела теплоти, не враховані під час аудиту джерела тепла;

2.  $Q_{ліч} > Q_{оп}$  – перевитрати теплоти із системи тепlopостачання на об'єкті енергоаудиту, невірно складена модель, невірно визначена середня температура внутрішнього повітря у будівлі;

3.  $Q_{ліч} = Q_{оп}$  – модель адекватна; витрати теплоти на опалення із системи тепlopостачання відповідають дійсним теплотехнічним характеристикам будівлі.

Таким чином вивирений за різних температур зовнішнього повітря тепловий баланс гарантує об'єктивність результатів енергоаудиту. Точність результатів енергетичних аудитів будівель залежить від вибраної методики його виконання.

В деяких енергетичних аудитах визначення обсягу втрат теплоти виконується шляхом визначення теплового потоку від зовнішньої стіни до зовнішнього повітря за залежністю (3) з використанням коефіцієнта тепловіддачі від зовнішньої стіни  $\alpha$  і визначеної за допомогою тепловізора радіаційної температури зовнішньої поверхні стіни –  $t_3^{cm}$ :

$$Q = \alpha \cdot F \cdot (t_3 - t_3^{cm}), \text{ кВт} \quad (3),$$

де  $F$  – поверхня зовнішнього огородження,  $m^2$ .

Рівень температури на зовнішній поверхні огородження  $t_3^{ct}$  формується під впливом різноманітних теплових потоків і залежить не лише від теплового потоку, який надходить від внутрішнього повітря назовні. За наявності сонячної радіації, як прямої, так і розсіяної температура на поверхні буде підвищуватись, що не повинно сприйматись у ході тепловізорного обстеження як результат підвищених втрат теплоти через огородження або наявності містків холоду.

Схема теплових потоків для зовнішнього огородження в умовах сонячної радіації зображена на рисунку 1.

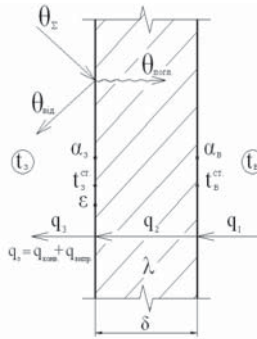


Рис. 1. Схема теплових потоків для зовнішнього непрозорого огородження:

$\theta_{\Sigma}$  – потік сонячної радіації, Вт/м<sup>2</sup>;

$\theta_{\text{погл.}}$  – поглинутий огороджувальною конструкцією потік сонячної радіації;

$\theta_{\text{від.}}$  – віддзеркалений поверхнею огородження потік сонячної радіації;

$q_1$  – тепловий потік, який надходить від внутрішнього повітря до внутрішньої поверхні стіни, Вт/м<sup>2</sup>;  $q_2$  – тепловий потік через стіну;  $q_3$  – тепловий потік, що віддається

випромінюванням і конвекцією від зовнішньої поверхні стіни до зовнішнього повітря;

$t_{\text{вн}}$ ,  $t_{\text{вн}}^{\text{ст}}$ ,  $t_{\text{з}}^{\text{ст}}$ ,  $t_{\text{з}}$  – температура внутрішнього, зовнішнього повітря, внутрішньої і зовнішньої поверхні стіни, відповідно;  $\alpha_{\text{вн}}$ ,  $\alpha_{\text{з}}$  – коефіцієнти тепловіддачі конвекцією на внутрішній і зовнішній поверхнях стіни, відповідно;  $\delta$  – товщина огородження;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності огородження.

У зв'язку з вищезазначеним, використання тепловізорів для визначення температури на зовнішній поверхні рекомендується поєднувати з іншими способами дослідження.

Це можливо з огляду на те, що тепловий потік, який надходить від внутрішнього повітря до внутрішньої поверхні стінки  $q_1$ , тотожний тепловому потоку  $q_2$ , що проходить через стіну. Він своєю чергою дорівнює тепловому потоку  $q_3$ , котрий віддається шляхом випромінювання і конвекції від зовнішньої поверхні стіни до зовнішнього повітря і є однаковим з величиною результуючого теплового потоку від внутрішнього до зовнішнього повітря через огородження, що їх розділяє  $q$ :

$$q_1 = q_2 = q_3 = q$$

Так, за допомогою тепломірів можна визначити температури на внутрішній і зовнішній поверхнях стіни і величину теплового потоку  $q_2$ , який проходить за рахунок теплопровідності через матеріал стіни.

Порівняння отриманої величини теплового потоку теплопровідністю  $q_2$  з тепловим потоком від зовнішньої стіни, визначеним за допомогою тепловізора  $q_3$ , дає можливість порівняти результати обстежень і скоригувати їх, підвищити точність обстежень або навіть уникнути грубих помилок.

В умовах нестационарної теплопередачі, змінної у часі температури зовнішнього або внутрішнього повітря на температуру стіни впливатиме також її теплостійкість. В результаті у періоди потепління температура стіни може бути навіть нижчою за температуру зовнішнього повітря.

Поглинута вдень теплота сонячного випромінювання може також спричиняти зростання температури на зовнішній поверхні огорожень і в темний період доби, багато годин після дії як прямої, так і розсіяної сонячної радіації. Тому тепловізорне вимірювання температури будівлі вночі не завжди гарантує коректний результат визначення температури зовнішньої поверхні як параметра, що визначає рівень трансмісійних втрат теплоти через огороження.

Отже, використання тепловізора для визначення температури зовнішнього повітря можливе лише в умовах сталих протягом тривалого часу температур зовнішнього і внутрішнього повітря, мінімально можливого сонячного випромінювання, стаціонарного процесу теплопередачі.

На рівень радіаційної температури стіни, яка визначається тепловізором, суттєво впливає ступінь чорноти поверхні стіни, що своєю чергою залежить від її структури, шорсткості, матеріалу і кольору фарби. Тому фіксація різних температур на поверхні будівлі може бути спричинена не відмінностями теплозахисних характеристик огороження або іншими теплотехнічними чинниками, а зовсім іншими факторами – різною структурою покриття стіни, різними матеріалами в оздобленні або просто їх різним кольором і різною орієнтацією до сторін горизонту.

Отже, використання тепловізора для визначення температури зовнішнього повітря можливе лише в умовах сталих протягом тривалого часу температур зовнішнього і внутрішнього повітря, мінімально можливого сонячного випромінювання, стаціонарного процесу теплопередачі. Виконання енергетичного аудиту будівель за допомогою тепловізорного обстеження і розрахунок за результатами таких обстежень величини втрат теплоти огороженням необхідно поєднувати з іншими способами дослідження теплозахисних характеристик огорожень і втрат теплоти.

**Висновки.** Запропонований підхід до виконання енергетичних аудитів дає можливість підвищити достовірність результатів оцінювання рівня енергоефективності будинків при виконанні натурних обстежень об'єктів, що працюють в умовах нестаціонарного процесу теплопередачі з урахуванням усіх складових надходжень і втрат теплового балансу.

## Література

1. Наказ Державного комітету України з енергозбереження від 12 травня 1997 року № 49 «Щодо тимчасового положення про порядок проведення енергетичного обстеження та атестації спеціалізованих організацій на право його проведення».
2. Наказ Державного комітету України з енергозбереження від 09 квітня 1999 року № 27 «Про затвердження Положення про порядок організації енергетичних обстежень».
3. Наказ Державного комітету України з енергозбереження від 15 вересня 1999 року № 78 «Про затвердження Порядку організації та проведення енергетичних обстежень бюджетних установ, організацій та казенних підприємств».

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО АУДИТА**

***Колиенко В. А., Тормосов Р. Ю., Колиенко А. Г.***

В работе раскрыто методику выполнения энергетического аудита, которая основывается на комплексном подходе к анализу энергоэффективности зданий в условиях нестационарного режима работы внешних ограждающих конструкций

## **CURRENT TRENDS IN ENERGY AUDITING**

***Volodymyr Koliienko, Ruslan Tormosov, Anatoly Koliienko***

This article describes the procedure of energy audit that is based on complex approach to analysis of buildings energy performance under the unsteady operating conditions of external building constructions.

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ОСВІТЛЕННЯ ВІДКРИТИХ ПРОСТОРІВ СВІЛОТЕХНІЧНИМИ УСТАНОВКАМИ

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

*В роботі розглядаються варіанти існуючих і запроєктованих технологічних рішень у енергоресурсозбереженні з використанням світлотехнічних приладів у зовнішньому середовищі. Порівнюються світлодіодні лампи та інші традиційні джерела освітлення. Наведено деякі результати порівняльної оцінки їх застосування.*

**Постановка проблеми.** Система зовнішнього освітлення – складна структура, яка поєднує в собі сукупність завдань інженерного, просторового, естетичного та енергоефективного характеру. Вона має забезпечувати не лише зоровий комфорт, сприяти зручному обслуговуванню електромереж, а й враховувати принципи використання типу ламп для максимального збереження електроенергії. Застосування енергозберігаючих технологій в зовнішньому освітленні набуває все більшої актуальності в наш час. На даному етапі розвитку відомо декілька проєктів, реалізованих у деяких країнах Європи та США, котрі спрямовані на збільшення економічності саме освітлювальних установок та на забезпечення енергозберігаючих засобів керування ними. В ході розвитку таких проєктів відбувається процес накопичення результатів практичного застосування систем і обладнання.

З появою світлодіодного освітлення з'явилась можливість докорінно змінити індустрію освітлення. За допомогою використання таких світильників виникають нові завдання і навіть заборона використання неефективних ламп. Дослідження показують, що перехід всього світу на нові технології допоможе скоротити затрати енергії в цій сфері до 40%. При цьому слід враховувати, що використання світлодіодного освітлення призводить до зменшення викидів вуглекислого газу.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Для виконання поставленої мети, були використані дані досліджень надані компаніями виробниками щодо різних типів світильників, а також аналіз досліджень таких підприємств як Phillips, OSRAM, McKinsey & Company, ATG Electronics чиї результати є провідними в сфері освітлення.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Зважаючи на вище сказане, визначимо найбільш енергоефективний тип освітлення зовнішнього середовища та засоби, які скоротять енерговитрати при експлуатації існуючих систем.

**Основна частина.** В даній статті висвітлюються можливості енергоефективного освітлення та теоретичні засади, в основі яких лежать існуючі статистичні данні та відомості, а також показники ефективності різних типів освітлення.

Енергоефективне використання освітлювальних установок набуває

актуальності у наш час. Це зумовлене попитом у сфері світлодизайну та його ритейловими можливостями. У свій час це призвело до використання найбільш енергоефективних газорозрядних ламп високого тиску. Тепер, на зміну ламп денного світла прийшли світлодіодні трубки. ATG Electronics презентували свою нову розробку: iBright ®™ I38iLED світлодіодні трубки, націлені на пряму заміну люмінесцентних ламп T8 із цоколем G13. Світлодіодні трубки прості у експлуатації, а використання спеціальної технології дозволяє звести до мінімуму зниження світлового потоку при виході із ладу одного із світлодіодів. На практиці така заміна ламп може дати економічний результат який представлено на Рис. 1.

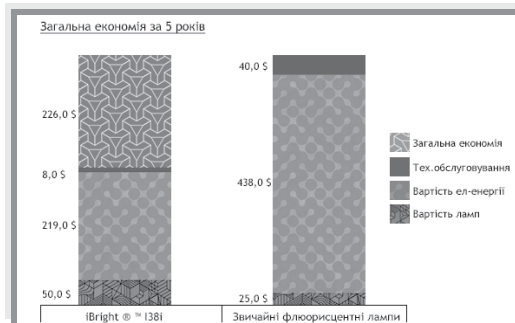


Рис. 1. Діаграма економії завдяки заміні ламп

Гарним показником збереження електроенергії є той факт, що світлова віддача використаних світлодіодів близько 90 лм/Вт.

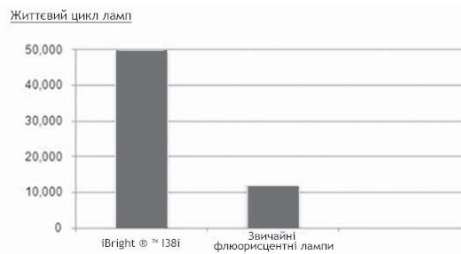


Рис. 2. Порівняння строку служби ламп

Сферою застосування світлодіодних трубок можуть бути житлові будівлі, комерційні приміщення, офісні, транспорт, рекламні споруди.

Щодо світлодіодних освітлювальних установок загалом, то після здійснених аналітичних досліджень виявилось, що перехід країн всього світу на нові технології допоможе знизити затрати енергії у цій сфері на 40%. Тобто це відповідає скороченню поточних витрат приблизно на 130 млрд. євро в рік. В свою чергу викиди вуглекислого газу зменшаться на 670 млн. тон, що по об'єму співпадає з викидами 640 стандартних електростанцій.

Саме світлодіодне освітлення є революційною технологією. Воно надає змогу використовувати широкий спектр кольорів, здатність швидкого включення та затемнення, а тим самим розширює можливості дизайнерських рішень. Окрім того, що технологія має широкий діапазон оптимальних температур, вона витримує екстремально холодні (наприклад, світлодіодні світильники працюють на вулицях Аляски та в морозильних камерах), а також і високі температури до  $+40^{\circ}\text{C}$ . Таким чином, світлове обладнання різних виробників ефективно працює при температурі від  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ . Для порівняння: люмінісцентні лампи можуть працювати і в умовах нижче температурної норми, але є ризик серйозних технічних проблем. Наприклад, якщо розглянути флуоресцентні лампи T5, то для них є оптимальна температура роботи, яка дорівнює  $35^{\circ}\text{C}$ , що помітно обмежує умови їх використання.

Також, на ринку освітлювальної техніки з'явилися пропозиції із надяскравими блакитними світлодіодами, які вкриваються жовтим люмінофором (надяскраві білі світлодіоди). На рис. 3 зображено оцінку прогресу в світловіддачі застосовуваних в зовнішньому освітленні джерел світла по матеріалах фірми OSRAM в редакції автора. Із схематичного зображення зрозуміло, що жоден зі світильників, що займає найвищі позиції не отримав в найближчі 5-10 років вирішуючої переваги по світловіддачі.

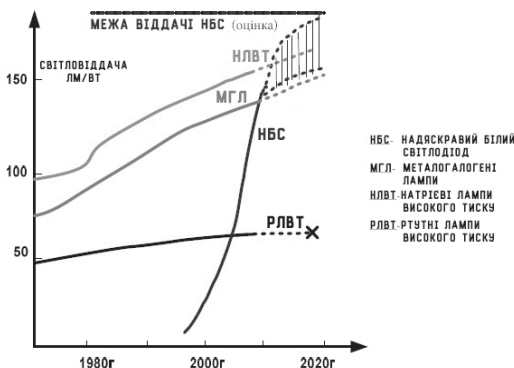


Рис. 3. Світловіддача джерел світла в зовнішньому освітленні

Такі дані змушують переосмислити ситуацію, яка існує на нинішньому етапі, що підтверджено авторитетною думкою представників компанії McKinsey & Company, котрі стверджують про перспективи світлодіодного освітлення стати домінуючою технологією, як для побутового, так і для комерційного освітлення у найближчих роках. Для того щоб потенційна користь була реалізована, організації мають бути краще ознайомлені із даними про користь використання світлодіодного освітлення.

Загалом, у зовнішньому освітленні є декілька факторів, що дозволяють спостерігати суттєві резерви ресурсозбереження. Один із найважливіших пов'язано із строком служби джерел освітлення. Виявлено, що в реальних

установках зовнішнього освітлення ресурс НЛВТ провідних виробників у 2-3 рази менший до паспортних значень. В одному із останніх досліджень ВНІСІ представлені дослідження, отримані на реальних установках зовнішнього освітлення, які показали, що частоту розладів НЛВТ при використанні електронної пускорегулюючої апаратури можливо зменшити втричі (с  $\sim 30\%$  відмов за 6000 год роботи до  $\sim 10\%$ ). Основними причинами цього, за ствердженням спеціалістів, є стабілізація електронної пускорегулюючої апаратури, плавні пускові режими та відсутність перезапущу на кожному полуперіоді робочого освітлення. Аналогічні причини спричиняють меншу деградацію світлотехнічних характеристик ламп високого тиску при використанні електропускорегулюючої апаратури. При проведенні порівнювальних розрахунків різноманітних варіантів і технологій енергоресурсозбереження необхідним є врахування вартості основного обладнання (світильники, електричні кабелі та автоматика керування), а також додаткового, витрати на його монтаж, ремонт і експлуатацію. Застосування електропускорегулюючої апаратури дає з одного боку економію електроенергії, економію за рахунок зменшення діаметрів силових кабелів, збільшення строку роботи ламп і зменшення витрат на їх періодичну заміну, з іншого боку, вартість освітлювальних приладів може суттєво зрости.

Із можливих варіантів енергоресурсозбереження варто виділити декілька напрямків. Перший – це традиційні схеми пофазного вмикання. Другий – більш довершений варіант з подвоєною кількістю світильників на кожній опорі. Така модернізація традиційної схеми забезпечує рівномірність освітлення в нічному режимі і виділяється своєю простотою. Проте, вона більш витратна при монтажі та під час експлуатації. До третього напрямку можна віднести рішення з дворежимною електромагнітною пускорегулюючою апаратурою, що забезпечує зменшення освітлення у нічному режимі до  $50\%$  з економією енергоспоживання до  $30\%$  за рахунок підключення в кожному світильнику додаткового балластового дросселя в нічному режимі. Таке рішення було найпершим енергозберігаючим, що забезпечує індивідуальне димірування ламп. До іншої групи рішень можна віднести технології, котрі забезпечують «групове» керування світильниками шляхом регулювання загального вихідного положення на лініях освітлення, що відходять від пункту вмикання. На рис.4 зображено приклад графіку зміни напруги в лініях освітлення при груповому керуванні по матеріалам фірми Lumitec в інтерпретації автору.

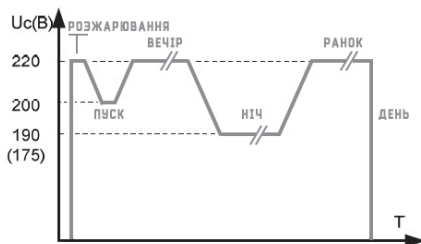


Рис. 4. Графік зміни напруги в лініях освітлення при груповому керуванні



У рішеннях такої групи економія енергоспоживання не перевищує 30%. Із цієї групи рішень найбільш широко застосовується варіант з регульованим перемиканням обмоток автотрансформатору з допомогою симісторів або контакторів. При малому кроці напруги перемикання обмоток (~5В) виключається можливість згасання ЛВТ при такому диміруванні.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** У сфері зовнішнього освітлення йде пошук нових рішень щодо енергоефективності та електрозбереження і ці рішення відносяться як до конструкції безпосередньо освітлювальних приладів, так і до систем керування.

### **Література**

1. *OSRAM. Energy saving in lighting. O-RUS/N. Dianov. May 2009.*
2. *International Dark-Sky Association, Visibility, Environmental, and Astronomical Issues Associated with Blue-Rich White Outdoor Lighting, May 4, 2010.*
3. *Справочная книга по светотехнике. Под ред. проф. Ю. Б. Айзенберга, 3-е изд. М. : 2008 г. – 952 с: ил.*
4. *А. Евстифеев, Особенности построения балластов для ламп высокого давления (HID lamp ballasts). Силовая электроника, №3'2008*
5. *Зотин О. Т. Анализ эффективности управления энергосбережением в наружном освещении / О. Т. Зотин, Н. О. Морозова // Современная светотехника, № 2'2010.*

### **ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ОСВЕЩЕНИЯ ОТКРЫТЫХ ПРОСТРАНСТВ СВЕТОТЕХНИЧЕСКИМИ УСТАНОВКАМИ**

***Копасова А. В.***

В работе рассматриваются варианты существующих и спроектированных технологических решений энергоресурсосохранения, с использованием светотехнических установок в наружной среде. Сравниваются показатели светодиодных ламп и других традиционных источников освещения. Приведены некоторые результаты сравнительной оценки их применения.

### **ENERGY EFFICIENCY LIGHTING OPEN SPACE BY LIGHTING INSTALLATIONS**

***Ganna V. Kopasova***

The article deals with existing and projected technologies with using lighting installations at environment. Compare the indicators of led lamps and other traditional lighting sources is presented. The results of the comparative evaluation of their application are showed.

## **УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ З ПРОБЛЕМ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ У ВНЗ УКРАЇНИ БУДІВЕЛЬНОГО ПРОФІЛЮ**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

***В статті розглянута проблема підготовки фахівців будівельного профілю у ВНЗ України. Проаналізовані спеціальності та дисципліни в основних технічних ВНЗ України. Розроблені рекомендації щодо вдосконалення підготовки фахівців за напрямом «енергоефективність в будівництві» для різних спеціальностей.***

**Постановка проблеми.** Одним із важливих кроків в досягненні реалізації Закону «Про енергозбереження» [3] та реалізації програм та концепцій у сфері енергозбереження є належна підготовка фахівців технічного профілю в ВНЗ України. Недостатній рівень викладання дисциплін пов'язаних з енергозбереженням відбиває розрив між необхідним та фактичним рівнем підготовки фахівців в сучасній вищій освіті, який не в повній мірі відповідає потребам суспільства. Тому на даний час виникають складності у соціальній та професійній адаптації випускників технічних вищих навчальних закладів. Сучасний ринок праці в галузі будівництва, впровадження нових технологій будівельного виробництва і сучасних інформаційних технологій, зміни, що пов'язані з науково-технічним прогресом, потребують суттєвих змін у системі вищої професійної освіти.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Темою удосконалення вищої освіти в цілому займалися такі зарубіжні вчені як Доннеллі К., Різві С., Барбер М., Кумбс Г. та відчизняні Світящук І., Солодько А., Стадний Є. та ін.

**Постановка задачі.** Розробити рекомендації щодо вдосконалення системи підготовки фахівців з проблем енергоефективності та енергозбереження у ВНЗ будівельного профілю.

**Основна частина.** На сьогоднішній день в Україні функціонують тринадцять основних ВНЗ будівельного профілю, в яких навчання ведеться за спеціальностями «Будівництво» та «Архітектура», «Екологічна безпека» та «Енергоменеджмент» [1, 2, 4 – 13].

На кожному із факультетів викладаються дисципліни, які пов'язані із енергоефективністю в будівництві (таб. 1).

Проаналізувавши дисципліни в основних ВНЗ будівельно-архітектурного профілю (таб.1), можна зробити наступні висновки:

- на архітектурних факультетах недостатня підготовка фахівців в сфері енергоефективності в будівництві, читаються лише загальні курси лекцій, майже відсутні практичні заняття за напрямом «проектування енергоефективних будівель та споруд», немає належних курсів лекцій по

Таблиця 1  
Аналіз дисциплін в основних технічних ВНЗ України за напрямом «енергоєфективність вбудовніцтв»

№	Назва навчального закладу	Будівельний факультет	Архітектурний факультет та спеціальність «дизайн»	Спеціальності екологічного профілю	Спеціальність «Енергетичний менеджмент»
1	Київський національний університет будівництва та архітектури	1. Міське зелене будівництво 2. Енергоєфективні будівлі і споруди	1. Архітектурна екологія	1. Ландшафтна екологія 2. Урбоєкологія	-
2	Придніпровська державна академія будівництва та архітектури	-	-	1. Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування	-
3	Національний університет «Львівська політехніка»	1. Енергозберігаючі технології у будівництві 2. Теплогенеруючі установки 3. Енергоощадність цивільних та промислових споруд	1. Енергозберігаюча архітектура	1. Екологічні аспекти біосфери 2. Енергозберігаючі технології	1. Енергетичний аудит 2. Енергозабезпечення від нетрадиційний та поновлювальних джерел енергії
4	Національний авіаційний університет	-	1. Екологічні основи дизайну архітектурного середовища 2. Архітектурна екологія	1. Альтернативні джерела енергії	-
5	Інститут енергозбереження та енергоменеджменту - ІЕЕ (при КПІ)	-	-	1. Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування 2. Екологічно чисті технології	1. Енергетичний менеджмент 2. Енергозбереження будівель і споруд 3. Енергозбереження в промисловості

Закінчення таблиці 1

6	Одеська державна академія будівництва і архітектури	1. Організація енергозбереження в будівництві 2. Енергозберігаючі матеріали та технології у будівництві	1. Екологічне обрuntuвання архітектурно-будівельних рішень	1. Екологічний моніторинг міських середовищ 2. Організація енергозбереження в будівництві	-
7	«Інститут будівництва, теплоенергетики та газопостачання» Вінницького національного технічного університету	1. Енергозберігаючі будівлі та споруди 2. Ресурсозберігаючі технології в міському будівництві та господарстві 3. Містобудівна екологія 4. Енергоаудит міського господарства 5. Ліцензування та патентування наукової продукції енергоєфективних технологій	-	-	-
8	Луцький національний технічний університет	1. Містобудівна екологія	1. Містобудівна екологія	1. Екологія міських систем 2. Екологічна експертиза	-
10	Харківський національний університет міського господарства ім. А.Н. Бекетова	-	1. Архітектурна екологія	-	-
11	Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка	-	1. Конструкції будівель та їх інженерне забезпечення	1. Енергозбереження в системах ТПВ 2. Ландшафтна екологія 3. Урбоєкологія	1. Основи екологічного менеджменту
12	Національний університет водного господарства та природокористування	-	-	1. Прикладна екологія та збалансоване природокористування	-

технічному оснащенню енергоефективних будівель та енергетичному аудиту будівель;

- на будівельних факультетах ВНЗ недостатньо дисциплін, пов'язаних з енергоаудитом на енергоменеджментом;

- на факультетах екологічного напряму досить широко висвітлена тема енергоефективності в цілому, але недостатньо в сфері енергоефективність в будівництві;

- дисципліни енергетичний менеджмент та енергетичний аудит будівель та споруд присутні лише в декількох ВНЗ, які читаються лише на відповідних спеціальностях;

Загальні пропозиції по вдосконаленню навчального процесу в сфері енергоефективності в будівництві на архітектурних та будівельних факультетах у ВНЗ України:

- ✓ Розширення лекційних курсів, курсових проектів, практичних занять на архітектурних та будівельних факультетах за наступними дисциплінами:

1. Методика проектування енергоефективних, пасивних та енергоактивних будівель;

2. Міське зелене будівництво, ландшафтна екологія, екологічно чисті технології у будівництві, урбоекологія ( для спеціальностей «містобудування»).

- ✓ Адаптувати та додати курси з технічного напряму в проектуванні енергоефективних будівель та споруд для архітекторів та будівельників:

1. Енергоефективні матеріали та технології в будівництві;

2. Енергозабезпечення від нетрадиційних та поновлювальних джерел енергії;

3. Енергопаспортизація будівель;

4. Технічне оснащення енергоефективних (пасивних, енергоактивних) будівель та споруд;

5. Енергогенеруючі установки та їх розташування в будівлях;

6. Енергоефективні огорожуючі конструкції.

- ✓ Розробити курси лекцій та практичні заняття на архітектурних та будівельних факультетах за спеціальністю «енергоменеджмент»:

1. Організація енергозбереження в будівництві;

2. Енергетичний менеджмент;

3. Енергетичний аудит.

Проектування та планування, будівництво та технічне забезпечення енергоефективних (пасивних, енергоактивних) будівель вимагає злагодженої професійної роботи різних спеціалістів будівельного, архітектурного та технічного профілів. В підготовці спеціалістів також необхідно застосовувати системний підхід до вивчення дисципліни «енергоефективність в будівництві».

Принципами такого підходу є:

- розширення та адаптація дисциплін по енергоефективному будівництву для різних спеціальностей;

- розробка та проведення комплексних лабораторних робіт (теплотехнічний аудит будівель, вивчення та порівняння теплотехнічних характеристик різних типів утеплювачів; випробування різних типів

конструкцій (огороджуючі конструкції стін, перекриття, огороджуючі світлопрозорі конструкції) в «кліматичній камері», визначення характеристик енергоефективності даних конструкцій; аналіз світлотехнічного та інсоляційного режимів різних типів приміщень;

- стимулювання молодих спеціалістів до наукових досліджень у даній сфері;
- розвиток методичної бази для створення нових курсів по енергоефективному будівництві;
- запрошення до викладання «інтенсивних курсів» українських та закордонних спеціалістів в різних сферах енергозбереження в будівництві.
- організація та проведення конкурсів студентських робіт із залученням студентів різних спеціальностей (приклад: конкурс «SolarDecatlon»);
- активна участь студентів у конференціях, які проходять по тематиці енергоефективність в будівництві (приклад: міжнародна-практична конференція «Енергоінтеграція»);
- обмін отриманими знаннями на сумісних конференціях студентів різних спеціальностей;
- створення груп найкращих студентів різних спеціальностей, організація їх виїздів на реальні об'єкти, проведення екскурсій, зарубіжних стажувань в університетах та підприємствах-партнерах.

**Висновки.** Важливим етапом по вдосконаленню навчання у ВНЗ будівельно-архітектурного профілю є адаптація дисциплін «енергоефективність в будівництві» для різних спеціальностей (архітектура, будівництво, енергоменеджмент). Адже, майбутні спеціалісти в подальшому при проектуванні та будівництві енергоефективних споруд повинні вміти «розмовляти на одній мові». Для архітекторів важливо знати принципи та вміти грамотно проектувати енергоефективні будівлі в умовах клімату України, але не менш важливо знати принципи технічного оснащення таких будівель, адже технічне оснащення може впливати на об'ємно-планувальне рішення і навпаки. Для будівельних спеціальностей є важливим знати принципи правильної організації будівництва енергоефективних будівель, розуміти проблеми енергозбереження в житлово-комунальному секторі.

Також необхідним є впровадження дисципліни «енергетичний аудит будівель та споруд» як для архітекторів так і для будівельних спеціальностей. Майбутні архітектори та будівельники повинні правильно оцінювати енергозберігаючі заходи у житлових та громадських будівлях, знати методологію енергоаудиту, заходи з підвищення ефективності енерговикористання на об'єкті та методики їх техніко-економічного обґрунтування, уміти проводити енергообстеження об'єктів, розробляти і обґрунтовувати рекомендації з ефективного використання енергії.

## Література

1. Вінницький національний технічний університет. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.vntu.edu.ua/>.
2. Донбаська національна академія будівництва та архітектури. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://donnasa.edu.ua/?lng=r>.
3. Закон України про енергозбереження. 01.07.1994 № 74/94-ВР.
4. Інститут енергозбереження та енергоменеджменту - ІЕЕ. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://kpi.ua/>.
5. Луцький національний технічний університет. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://lntu.edu.ua/>.
6. Национальный университет водного хозяйства и природопользования. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nuwm.edu.ua/ru>.
7. Національний авіаційний університет. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nau.edu.ua/ua/>.
8. Національний університет «Львівська політехніка» . – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.lp.edu.ua/education>.
9. Одесская государственная академия строительства и архитектуры– [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ogasa.org.ua/>.
10. Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://pntu.edu.ua/ru/>.
11. Придніпровська державна академія будівництва та архітектури. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://pgasa.dp.ua/prkom/spec/>.
12. Харківський національний університет будівництва та архітектури. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kstuca.kharkov.ua/>.
13. Харківський національний університет міського господарства ім. А.Н. Бекетова. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kname.edu.ua/>.

### УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ВУЗ УКРАИНЫ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ПО ПРОБЛЕМАМ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

*Кошевая В. А., Пинчук В. С.*

В статье рассмотрена проблема подготовки специалистов в ВУЗ Украины. Проведен анализ специальностей и дисциплин в основных ВУЗ. Разработаны рекомендации по усовершенствованию подготовки специалистов по направлению «энергоэффективность в строительстве» для разных специальностей.

### IMPROVING THE SYSTEM OF TRAINING THE SPECIALISTS ON ENERGY EFFICIENCY IN CIVIL ENGINEERING IN THE TECHNICAL UNIVERSITIES OF UKRAINE

*V. Kosheva, V. Pinchuk*

The article says about problems of training the specialists on energy efficiency in civil engineering in the technical universities of Ukraine. Analyzed the specialty and disciplines in the main universities of Ukraine. Developed recommendations for improving the training system of specialists on energy efficiency in the different disciplines.

## ОЦІНКА МЕТОДІВ ПРОЕКТУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАЛЬ НА ОСНОВІ РІЧНОГО БАЛАНСУ ТЕПЛОВИХ ТА ХОЛОДИЛЬНИХ НАВАНТАЖЕНЬ БУДІВЛІ

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

*В роботі розкрито та оцінено можливості використання стандартних методів проектування ґрунтових випарників в якості енергетичних палів для теплових насосів. Показано основні чинники, які потрібно враховувати при розробці моделі енергетичної палі та наведено існуючі методики проектування.*

**Постановка проблеми.** Теплові насоси (ТН) посідають лідируючі позиції в галузі альтернативних систем теплового холодопостачання. Найбільш ефективним та стабільним джерелом низькопотенційної енергії для ТН є використання енергії ґрунту, яка дозволяє підтримувати високий COP (Coefficient of performance) протягом року.

Ґрунт поверхневих шарів Землі фактично може виступати тепловим акумулятором необмеженої потужності. Тепловий режим ґрунту формується під дією двох основних факторів: зовнішніх – сонячної радіації та температури повітря, внутрішніх – потоків радіогенної теплової енергії з надр Землі. Сезонні та добові коливання інтенсивності сонячної радіації і температури зовнішнього повітря викликають коливання температури верхніх шарів ґрунту. Глибина впливу добового коливання температури повітря в залежності від геологічних характеристик поверхні для I та II кліматичних зон України коливається в межах 0,3..1,2 м. Глибина проникнення сезонного ходу температури ґрунту та інтенсивності надходження сонячної радіації не перевищує 15-20 м.

Тепловий режим шарів ґрунту, які розташовані нижче глибини впливу зовнішніх чинників («незалежна зона»), формується під дією теплової енергії, що надходить з надр Землі, і практично не залежить від сезонних, і тим більше добових змін параметрів клімату. Зі збільшенням глибини, температура ґрунту також збільшується у відповідності з геотермальним градієнтом (близько 0,03 °C/м). Величина потоку радіогенної теплової енергії складає близько 0,05-0,12 Вт/м<sup>2</sup> для континентальних територій, розташованих не в зонах впливу розломів земної кори.

Земля протягом року утримує стабільну температуру 8-12 °C. Шар постійної річної температури починається в середньому на глибині в 19 раз більшій, ніж глибина шару постійної добової температури. У верхніх шарах земної поверхні спостерігаються незначні коливання температури, які зумовлені річним ходом температури ґрунту. Річний хід температури ґрунту пов'язаний з річною зміною в надходженнях сонячної радіації. В північній півкулі максимальні температури на поверхні ґрунту спостерігаються в липні-серпні, а мінімальні – в січні-лютому [1].



Існують декілька типів ґрунтових випарників:

- горизонтальний ґрунтовий колектор;
- вертикальний ґрунтовий колектор (зонд);
- енергетична паля.

Серед вище вказаних геотермальних випарників, найбільш складним в проектуванні є енергетична паля, оскільки її значна частина знаходиться у верхньому шарі ґрунту, який піддається впливу річного коливання температури. Наслідками не правильного розрахунку проектної потужності енергетичної палі можуть бути не раціональне використання низькопотенційної енергії або, куди гірше, промерзання ґрунту, що призведе до руйнування конструкції будівлі та припиненню функціонування системи тепlopостачання будівлі.

**Аналіз основних досліджень та публікацій.** Більшість провідних виробників теплонасосної техніки та алгоритмів проектування ґрунтових колекторів базуються на річному навантаженні використання ТН [2 – 4]. Спеціалізовані програмні комплекси пропонують проводити розрахунок довжини випарника ТН базуючись на табличних даних потужності тепловіддачі ґрунту з двома варіантами використання ТН: 1800 год/рік та 2400 год/рік.

Такий підхід є не прийнятним для розрахунку енергетичної палі, оскільки для якісного моделювання роботи випарника потрібно враховувати довготривалий, сезонний та короткотривалий ефекти використання палі.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Оцінити можливість використання існуючих алгоритмів та методик проектування енергетичних паль на основі діючих методик для розрахунку ґрунтового колектору.

**Основна частина.** Технологія використання енергетичних паль є дуже перспективною для використання в громадському та комерційному секторі будівництва. Проектування такої системи вимагає більш високої кваліфікації та може призвести до суттєвих скорочень капітальних затрат і підвищення екологічної ситуації в світі в цілому.

Основним механізмом передачі тепла в ґрунті є молекулярна теплопровідність. Діапазон товщини ґрунту в якому спостерігаються добові та річні зміни температури називається діяльним шаром. Зміна температури ґрунту стратифікується та запізнюється в часі, так для прикладу, якщо максимальна температура поверхні досягається в липні, то на глибині 1 м. діяльного шару вона настане в серпні. На рисунку 1 зображено графік зміни температури в ґрунті протягом року [5].

За будь-який проміжок часу ділянка земної поверхні втрачає рівно стільки тепла, скільки його отримує. Фізичні механізми теплообміну можна виразити за допомогою рівняння теплового балансу земної поверхні [6]:

$$B=L \cdot E+P+A, \quad (1)$$

де  $B$  – радіаційний баланс земної поверхні [Дж],

$P$  – теплообмін земної поверхні з атмосферою [Дж],

$L \cdot E$  – витрати тепла на випаровування або надходження при конденсації водяної пари на діяльній поверхні [Дж],  $L$  – питома теплота випаровування, що дорівнює 2500 [Дж/г] або 2500 [кДж/кг],

$E$  – маса води, що випарувалась чи сконденсувалась [кг],  
 $A$  – теплообмін земної поверхні, пов’язаний з радіогенними потоками теплової енергії направленої з надр Землі[Дж].

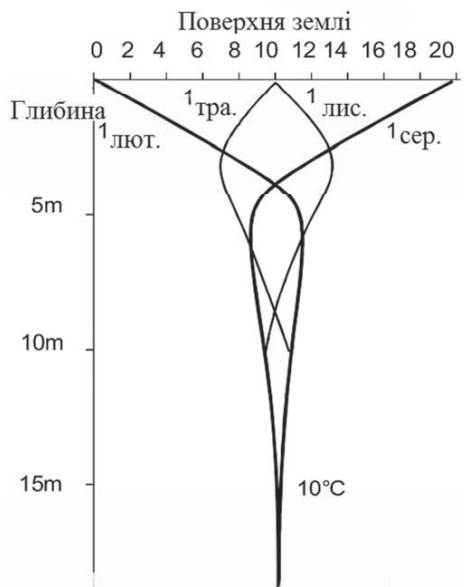


Рис. 1. Графік зміни температури в ґрунті

Проблема конструкції енергетичної палі для ТН полягає у постійній зміні температури ґрунту протягом року, оскільки енергетична паля впливає на температуру ґрунту передачею тепла або холоду.

ДСТУ Б В.2.7-214:2009 [7] не пов’язує вплив зміни температури при експлуатації палі на міцність бетону до 250 °С. Робочий діапазон температур енергетичної палі обмежується лише температурою теплоносія на виході з палі вище 0 °С, для запобігання обмерзання ґрунту та осідання породи. При впливі на конструкцію температури до 50 °С внутрішні напруження незначні та практично не призводять до зниження міцності бетону, при цьому термостійкість палі залишиться незмінною.

В роботі [8] рекомендується враховувати наступні фактори при проектуванні геотермального випарника ТН:

- Довготривалий ефект використання ґрунтового колектора – це зміна температури ґрунту протягом багатьох років. Цей ефект можна контролювати за допомогою створення моделі енергетичних паль з правильною щільністю розташування на основі балансу використання низькопотенційної енергії протягом року.

- Сезонний ефект. Протягом року енергетичне навантаження на палю змінюється і це буде впливати на щомісячну зміну температури ґрунту. Цей

ефект найбільше проявляється після закінчення зимового та літнього піків навантаження будівлі.

- Короткотривалий ефект. Фактичне навантаження (погодинне) на енергетичну палю буде впливати на температуру подачі тепло-холодоносія та впливати на здатність розсіювати температуру в ґрунті.

На основі цих факторів проводиться розрахунок довжини випарника для ТН відповідно до більшого з навантажень по теплу або холоду.

Дослідники Kavanaugh і Rafferty запропонували наступний метод визначення довжини ґрунтового теплообмінника ТН [9]:

Для кондиціонування:

$$L_c = \frac{q_a \cdot R_{ga} + (q_{lc} - 3.41 \cdot W_c) \cdot (R_b + PLF_m \cdot R_{gm} + R_{gd} \cdot F_{sc})}{(t_g - \frac{t_{wi} + t_{wo}}{2} - t_p)} \quad (2)$$

Для опалення:

$$L_c = \frac{q_a \cdot R_{ga} + (q_{lc} - 3.41 \cdot W_c) \cdot (R_b + PLF_m \cdot R_{gm} + R_{gd} \cdot F_{sc})}{(t_g - \frac{t_{wi} + t_{wo}}{2} - t_p)} \quad (3)$$

де  $L$  – довжина теплообмінника [м];

$q_a$  – середньорічне надходження тепла в ґрунт [Вт/год];

$q_{lh}$  – розрахункове теплове навантаження на будівлю [Вт/год];

$q_{lc}$  – розрахункове холодильне навантаження на будівлю [Вт/год];

$R_{ga}$  – термічний опір ґрунту, річний імпульс [м<sup>2</sup>·К/Вт];

$R_{gd}$  – термічний опір ґрунту, денний імпульс [м<sup>2</sup>·К/Вт];

$R_{gm}$  – термічний опір ґрунту, місячний імпульс [м<sup>2</sup>·К/Вт];

$R_b$  – термічний опір зонду [м<sup>2</sup>·К/Вт];

$t_g$  – температура охолодження ґрунту [°C];

$t_p$  – вплив температури зонду на сусідні свердловини [°C];

$t_{wi}$  – температура рідини на вході до теплового насосу [°C];

$t_{wo}$  – температура рідини на виході з теплового насосу [°C];

$t_g$  – температура ґрунту [°C];

$W_h$  – споживча ел. потужність при розрахунковому тепловому навантаженні [°C];

$W_c$  – споживча ел. потужність при розрахунковому холодильному навантаженні [°C];

$F_{sc}$  – короткотривалий коефіцієнт втрати тепла;

$PLF_m$  – місячний коефіцієнт часткового навантаження на будівлю.

Вище вказані рівняння дозволяють оцінити потрібну довжину ґрунтового теплообмінника для покриття теплових та холодильних навантажень. До розрахунку приймається більше з цих двох значень.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Запропонований метод визначення довжини ґрунтового теплообмінника є не прийнятним для

розрахунку енергетичних паль, оскільки не враховує зміну температури бетону палі та зміну теплового балансу землі в області палі.

Розрахункова модель енергетичної палі потребує глибокого довготривалого моделювання з урахуванням зміни радіаційного балансу. Мінімальна відстань між енергетичними палями, яка регламентується стандартом (10), потребує оптимізації та буде розроблена в подальших роботах. Планується, розробка універсальної методики розрахунку енергетичних паль на основі енергетичних балансів будівлі.

### Література

1. [Електронний ресурс] // Режим доступу – [http://studopedia.su/10\\_11353\\_doboviy-i-richniy-hodi-temperaturi-runtu-na-poverhni-ta-na-glibinah.html](http://studopedia.su/10_11353_doboviy-i-richniy-hodi-temperaturi-runtu-na-poverhni-ta-na-glibinah.html).
2. Системы использования тепла грунта. Техническая информация Raugeo 827600 RU17 [Текст] – ООО «Рехау», 2008, – 17 с.
3. Руководство по проектированию .Тепловые насосы [Текст]. – ООО «Виссманн», 2012. – 24с.
4. *Hellström G.* PC-Programs and Modeling for Borehole Heat Exchanger Design / *G. Hellström, B. Sanner.* – Proc. IGD 2001 Bad Urach, Supplement, ISS Skopje.
5. Руководство по проектированию и монтажу. Тепловые насосы для отопления и горячего водоснабжения [Текст]. – ООО «Димплекс», 2012. – 76с.
6. *Ткаченко Т. Г.,* АГРОМЕТЕОРОЛОГІЯ / *Т. Г. Ткаченко* // Навчальний посібник. – Х. : ХНАУ, 2015. – 67 с.
7. ДСТУ Б В.2.7-214:2009 Бетони, методи визначення міцності за контрольними зразками, Київ, Мінрегіонбуд України, – 2010.
8. Geothermal Heat Pump Design Manual, McQuay International, 2002. – 8 с.
9. *Kavanaugh S. P.* Ground-Source heatpumps: Design of geothermal systems for commercial and institutional buildings / *S. P. Kavanaugh, K. Rafferty* // ASHRAE, Inc. Atlanta 1997.
10. Thermal Pile Design, Installation & Materials Standards. –Milton, UK, 2012. – 21 с.

### ОЦЕНКА МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СВАЙ НА ОСНОВЕ ГОДОВОГО БАЛАНСА ТЕПЛОВЫХ И ХОЛОДИЛЬНЫХ НАГРУЗОК ЗДАНИЯ

*Кузицкий И. Т., Кулинка Е. О.*

В работе раскрыто и оценено возможности использования стандартных методик проектирования грунтовых коллекторов для энергетических свай. Показаны основные факторы, которые нужно учитывать при разработке модели энергетической сваи и приведены существующие методики проектирования.

В конце статьи описано нерешенные вопросы эффективного проектирования энергетических свай и приведены дальнейшие шаги для исследования этой сферы.

**ASSESSMENT METHODS OF DESIGNING FOR ENERGY PILES  
BASED ON ANNUAL BALANCE OF HEATING AND COOLING  
BUILDINGS LOADING**

*I. Kuzytskyi, E. Kulinko*

In the article was disclosed and evaluated the possibility of using standard methods of designing ground loops for energy piles. The main focus was placed on main factors, which are needed to consider when designing energy piles and showed existing methods of calculation.

Finally, this article describes the unresolved issues of efficient energy piles design and driving are the next steps for research in this area.

**П. М. Куліков**, д.е.н., проф.,  
**О. М. Панько**, к.т.н., проф.,  
**В. О. Плоский**, д.т.н., проф.,  
**О. В. Приймак**, д.т.н., проф.

## **КОМПЛЕКСНА ПРОГРАМА «ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ»: МЕТА, СТАН ВИКОНАННЯ, ПЕРСПЕКТИВИ**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

***В статті висвітлені основні положення комплексної програми розвитку Університету «Енергоефективність». Програма організаційно структурована як кластер, який використовує необхідні ресурси підрозділів університету та зовнішніх партнерів за проектним принципом.***

Кластерна програма «Енергоефективність» обговорена та схвалена Вченою радою КНУБА та введена в дію Наказом ректора університету. Змістовно Програма має наступний вигляд:

1. Розробка та реалізація проекту «Енергоефективний університет», в рамках якого здійснити наступний комплекс організаційно-технічних заходів:

- виконання поетапної термомодернізації огорожень будівель КНУБА;
- будівництво на території університету котелень на альтернативному паливі;

- встановлення сучасного обладнання для забезпечення мікроклімату в архітектурному корпусі з системою рекуперації теплоти;

- модернізація тепловпунктів у всіх будівлях університету;

- розробка та впровадження інтелектуальної системи оптимізації теплопостачання та управління параметрами мікроклімату в приміщеннях університету з використанням мережі Інтернет;

- дослідження можливостей та оптимальне розміщення в інфраструктурі КНУБА геліосистем як додаткового джерела тепло – та електропостачання.

2. Відкриття спеціалізацій на факультетах: архітектурному, будівельному та інженерних систем та екології за напрямками «Енергоефективна архітектура», «Енергоефективні будівлі» та «Енергоефективне будівництво та реконструкція систем ЖКГ» відповідно.

3. Організація підготовки PhD та докторів наук за комплексною науковою спеціальністю «Енергоефективність об'єктів будівництва», шляхом невідкладного відкриття останньої рішенням МОН України, відкриття аспірантури та фахової спеціалізованої вченої ради у КНУБА.

4. Розробка системного методичного забезпечення магістерських та PhDкурсів, вказаних у п. 2 та 3, для чого створити авторський колектив та видати підручник-довідник «Енергоефективність в архітектурі, будівництві та ЖКГ» протягом 2015–2016 навчального року.

5. Організація філій профільних кафедр КНУБА в галузевих та академічних науково-дослідних інститутах (НДІБК, НДІБВ, ІТТФ НАН України тощо).

6. Організація короткострокових курсів та сертифікаційних семінарів в Інституті інноваційної освіти КНУБА, за необхідності, – спільно з партнерами – інститутами Мінрегіону України.

7. Організація в університеті кафедри енергоменеджменту.

8. Розробка та «розкрутка» автономного від основного сайту КНУБА багатофункціонального інтернет-порталу «Будівельний енергоцентр».

9. Створення нових елементів та розвиток існуючої системи інформаційно-наукових заходів (проведення конференцій, семінарів та нарад, підвищення статусу наукових видань, участь у виставках тощо).

10. Системне залучення до реалізації даної програми інвестиційних коштів міжнародних установ та вітчизняних міністерств, органів місцевого самоврядування.

11. Постійний моніторинг міжнародних джерел отримання освітніх та наукових грантів за напрямком «Енергозбереження», в т. ч. в межах проекту HORIZON 2020, пошук партнерів для утворення консорціумів, оперативне подання відповідних заявок.

12. Розробка та розвиток спеціальної рекламної стратегії напрямку «Енергоефективність» в узгодженні з розробкою системної рекламної політики КНУБА.

13. Створення в КНУБА організаційних умов (сертифікація, ліцензування) для комерціалізації досліджень за напрямком «Енергоефективність» шляхом надання послуг з енергопаспортизації будівель, енергоаудиту, енергоощадної експертизи та оптимізації проектних рішень тощо на базі НДІ «Енергоцентр-КНУБА».

14. Реалізація пілотного проекту «Енергоощадний Знак Якості КНУБА» та його реалізація в межах угоди між університетом та ХК «Київміськбуд».

Програма є комплексною, оскільки містить організаційні, наукові, науково-організаційні, освітні, фінансово-інвестиційні та інженерно-технічні компоненти, які пов'язані в єдине ціле.

Мета програми – системне впровадження в КНУБА на всіх рівнях принципів енергоефективності та енергозбереження; інноваційний розвиток відповідних наукових та освітніх напрямків; залучення інвестиційних та грантових ресурсів; створення організаційно-технічних та кадрових передумов для виходу на відповідний ринок послуг з освіти, аудиту, сертифікації, проектування тощо.

Основним принципом реалізації програми є системний взаємозв'язок всіх її компонентів.

Зокрема, проект «Енергоефективний університет», на відміну, наприклад, від проекту КНУТД з такою ж назвою, містить потужні освітні та наукові елементи. Системи альтернативної енергогенерації планується об'єднати в єдиний логістичний комплекс з можливістю гнучкого регулювання подачі теплоносія в навчальні корпуси, гуртожитки та інші об'єкти інфраструктури університету в залежності від комплексу експлуатаційних параметрів. Для системної реалізації цієї задачі необхідно вирішення ряду проблем науково-дослідницького характеру, зокрема, оптимізація кількості, потужності та

геометрії розташування джерел енергогенерації на заданій території та (за необхідності) безпосередньо на об'єктах архітектури або в історичній забудові; визначення для таких умов раціональної конфігурації джерел енергогенерації за номенклатурою та потужністю. Вказані наукові проблеми є основою для відповідного грантового запиту за програмою HORIZON 2020.

Крім того, об'єкти енергогенерації, що розміщуються на території університету, виконують потрібну функцію – це і джерела енергопостачання, і навчальні комплекси, і лабораторне устаткування для проведення наукових досліджень. На даний момент завершується будівництво та ввід в експлуатацію першого об'єкта енергетичної інфраструктури – теплотехнічної лабораторії – котельні на альтернативному паливі потужністю 3 МВт. Проект здійснюється за кошти інвесторів і дозволить зекономити суттєві кошти на комунальних витратах.

Окремі позиції програми значною мірою реалізовані: це стосується відкриття навчальних спеціалізацій напрямку «Енергоефективність», організації філій кафедр в галузевих та академічних інститутах, системного моніторингу ринку грантових програм, розробки основ рекламної стратегії, розвитку системи інформаційно-наукових заходів, залучення інвестиційних коштів тощо.

Оскільки програма була розроблена весною-влітку 2015 року, за час, що минув, вона зазнала певних доповнень та розвитку.

Зокрема, продовжувався розвиток наукової інфраструктури університету. Аналіз функціональних можливостей науково-дослідної лабораторії «Енергоцентр-КНУБА» спонукав рішення щодо створення нових наукових підрозділів енергоефективного напрямку – Лабораторії енергоефективної, біонічної та екологічної архітектури та Лабораторії інженерних систем життєзабезпечення. Після цього вказані три лабораторії енергоефективного напрямку рішенням Вченої ради КНУБА та наказом ректора об'єднані в Науково-дослідний інститут енергоефективних систем і технологій в архітектурі та будівництві (НДІ ЕСТАБ).

Продовжується робота над формуванням та підготовкою до виходу в світ фундаментального підручника-енциклопедії «Енергоефективність в архітектурі та будівництві». Видання позиціонується як комплексний довідник в єдиній обкладинці для магістерських та PhD-спеціалізацій всіх «піднапрямків» енергоефективної освіти – архітектурного, конструкторсько-будівельного, технологічного та економіко-управлінського.

Завдяки партнерській взаємодії зі Всеукраїнською благодійною організацією «Інститут місцевого розвитку» університет є співвиконавцем програми Європейського союзу HORIZON 2020 «Підготовка спеціалістів по зведенню будівель близьких до нульового енергоспоживання: інформаційні інженерно-будівельні центри знань». Метою програми в частині участі університету є створення та обладнання відповідного Центру та впровадження спеціально розроблених програм підготовки та перепідготовки фахівців. До реалізації даної програми залучені провідні українські та зарубіжні фірми – виробники будівельних матеріалів та конструкцій.



Отримано перший досвід виконання комплексних проектів термомодернізації будівель навчальних закладів. Фахівцями «Енергоцентру-КНУБА» виконано відповідні проекти з енергоефективної модернізації корпусів трьох факультетів КНУ (термомодернізація огороження, тепlopунктів, систем опалення та вентиляції). Співробітництво з КНУ в даному напрямку продовжується.

НДІ ЕСТАБ підготовлені пропозиції з енергоефективної експертизи проектних рішень для впровадження в корпораціях Укрбуд, Київміськбуд. Розробляються проекти термореконструкції панельних та блочних будівель типових серій, характерних для забудови мікрорайонів Києва (96К, КТ, ТТ).

Рекламно-іміджеві проекти, вказані в Програмі, знаходяться в стадії реалізації, зокрема, проект «Енергоощадного Знаку Якості КНУБА».

НДІ енергоефективної, біонічної та екологічної архітектури виконується комплексне проектування енергозберігаючих контейнерних будівель для вимушених переселенців, а також екологічних енергоактивних будинків котеджного типу для будівництва в Ізраїлі.

Відкритим питанням лишається організація підготовки PhD та докторів наук за науковою спеціальністю «Енергоефективність об'єктів будівництва», відкриття аспірантури та відповідної фахової спеціалізованої вченої ради у КНУБА.

**КОМПЛЕКСНАЯ ПРОГРАММА «ЭНЕРГОЕФФЕКТИВНОСТЬ»:  
ЦЕЛЬ, СОСТОЯНИЕ ВЫПОЛНЕНИЯ, ПЕРСПЕКТИВИ  
*Куликов П. М., Панько А. Н., Плоский В. А., Приймак А. В.***

В статье освещены основные положения комплексной программы развития Университета «Энергоэффективность». Программа организационно структурирована как кластер, оптимально использующий необходимые ресурсы подразделений университета и внешних партнеров по проектному принципу.

**COMPREHENSIVE PROGRAM «ENERGY EFFICIENCY»:  
THE OBJECT, STATUS, PROSPECTS  
*M. Kulikov, O. Panko, V. Ploskyi, O. Pryimak***

The article covered the basic position of the complex program of development of the University «Energy Efficiency». Program organization is structured as a cluster that optimally uses the resources of the University departments and external partners under the project.

## АНАЛІЗ РАДІАЦІЙНОГО ТЕПЛООБМІНУ ФРОНТАЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТЕПЛОАКУМУЛЯЦІЙНОГО ОБІГРІВАЧА ЗА СТАЛОГО ЗНАЧЕННЯ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛОВОГО ПОТОКУ НА НІЙ

*Інститут відновлюваної енергетики  
Національної академії наук України, Україна*

*В статті проаналізовано вірогідні значення радіаційного теплообміну між фронтальною поверхнею електричного теплоаккумуляційного обігрівача та навколишніми поверхнями. Для цього визначено питомі показники теплової потужності приладів та розроблена модель для оцінки зростання температури фронтальної поверхні в залежності від того, яка частка від питомих показників теплової потужності приладу забезпечується природньою конвекцією від фронтальної поверхні.*

**Постановка проблеми.** Сьогодні в Україні нагальною задачею є раціональне використання енергетичних ресурсів. Серед напрямків рішення цієї задачі вирізняється раціональне використання надлишково виробленої електричної енергії. Акумуляуванням цього ресурсу можна забезпечити економічний зиск роботи систем опалення.

Одним з різновидів систем опалення вказаного вище типу є системи теплоакмулюючого електропостачання, а зокрема розглянуті в цій роботі електричні теплоаккумуляційні обігрівачі, також відомі й під іншими назвами: теплонакопичувачі, теплоакмулюючі електропечі (ТАЕП), електричні акумуляційні обігрівачі тощо [1].

Сьогодні зусилля виробників таких приладів сконцентровані на вирішенні проблем якісного регулювання тепловіддачі [2]. Здебільш увага приділяється конструктивним особливостям, які б забезпечували максимально гнучке регулювання тепловіддачі, і тому в даній роботі аналізується одна із важливих складових цього напрямку.

**Аналіз даної тематики.** Дана робота пов'язана з роботою [3]. Проте на відміну від вказаної роботи, аналіз виконано за умов постійного теплового потоку на поверхні ТАЕП, в той час як попередній аналіз розглядав фронтальні поверхні за заданої температури на них.

**Формулювання мети і задач.** Метою даної роботи є аналіз значень радіаційного теплообміну між фронтальною поверхнею електричного теплоаккумуляційного обігрівача та навколишніми поверхнями. Для цього визначаються параметри конвективної та променевої (радіаційної) тепловіддачі від поверхні приладу.

**Визначення геометричних конфігурацій каналів.** Для аналізу використаємо характеристики моделей статичних ТАЕП верхнього діапазону потужності, вказаних в [4]. Це зроблено з тих міркувань, аби розраховувати

прилади зі схожими питомими показниками по тепловіддачі. В табл. 1 вказано геометричні характеристики подібних приладів.

Таблиця 1

Геометричні  
характеристики приладів

№	Ширина В, мм	Висота* Н, мм
1	660	660
2	770	
3	890	
4	995	

\*Висота приладу є меншою за вказану в [4], оскільки вказана висота приладу без підставки

Умовно приймаємо, що тепловіддача від приладів є постійною на протязі доби і використовується в повній мірі. За такої умови перерахуємо наведене в характеристиках в [4] споживання електроенергії приладом  $Q_{\text{ел}}$ , Вт, з 8 годинного періоду зарядки приладу в 24 годинну тепловіддачу від нього  $Q_{\text{тепл}}$ , Вт:

$$Q_{\text{тепл}} = (8/24)Q_{\text{ел}} \quad (1)$$

Визначимо площу поверхні приладів  $S$ , м<sup>2</sup>:

$$S = B \cdot H \quad (2)$$

Далі вводимо показник питомого теплового потоку на одиницю фронтальної поверхні приладу. Даний тепловий потік не характеризує тепловіддачу від фронтальної поверхні, а є лише питомим показником того, яку теплову потужність повинна забезпечити одиниця площі приладу (всі її складові: як зовнішні поверхні, так і внутрішні). Значення питомої тепловіддачі визначаємо як  $q$ , Вт/м<sup>2</sup>:

$$q = Q_{\text{ел}}/S \quad (3)$$

Таблиця 2

Визначення значень питомої  
тепловіддачі

№	$Q_{\text{тепл}}$ , Вт	$Q_{\text{ел}}$ , Вт	$S$ , м <sup>2</sup>	$q$ , Вт/м <sup>2</sup>
1	2000	667	0,436	1531
2	2400	800	0,508	1574
3	2800	933	0,587	1588
4	3200	1067	0,657	1625

Результат розрахунку представлено в табл. 2.

Приймаємо в якості осередненого значення питомого теплового потоку приладу на одиницю поверхні  $q_{\text{т}} = 1580$  Вт/м<sup>2</sup>. Дане число прийняте як округлене з точністю до 10 Вт/м<sup>2</sup> середнє арифметичне найменшого та найбільшого значення  $q$  з табл. 2. Вказане значення перевищує найменше з чисел в табл. 2 значень  $q$  на 3,2% і є меншим за найбільше

на 2,8% – такі незначні відхилення є задовільними для практично розрахунку подібних систем.

Конвективну тепловіддачу від фронтальної поверхні  $q_{\text{к}}$ , Вт, визначимо як частку від значення питомого теплового потоку приладу на одиницю поверхні  $q_{\text{т}}$ :

$$q_{\text{к}} = (N/100\%) \cdot q_{\text{т}}; \quad (4)$$

де  $N$  – частка тепловіддачі від фронтальної поверхні в загальній тепловіддачі,  $N = 5, 10, \dots 20\%$ .

Методику моделювання теплообміну від вертикальної поверхні за заданого значення теплового потоку приймаємо з [5].

Температуру оточуючого повітря приймаємо  $t_{\text{а}} = 20$  °С. Далі задаємось середньою температурою на фронтальній поверхні  $t_{\text{в}}$ , °С. Визначаємо значення

середньоарифметичної температури (температуру плівки)  $t_f$ , °C, між температурою оточуючого повітря  $t_a$  та заданою середньою температурою на фронтальній поверхні  $t_w$ :

$$t_f = (t_w + t_a)/2 \quad (5)$$

Задаємо значення параметрів повітря в залежності від заданого значення температур  $t_f$ , а саме: коефіцієнт кінематичної в'язкості  $\nu$ , м<sup>2</sup>/с; число Прандтля  $Pr$ ; коефіцієнт теплопровідності  $\lambda$ , Вт/(м·К); та температурний коефіцієнт об'ємного розширення повітря  $\beta$ , К<sup>-1</sup>, що згідно методики [5] визначається як:

$$\beta = 1/(273 + t_f). \quad (6)$$

Характеристики повітря приймаємо згідно [6]. Попередні значення для розрахунку конвективного теплообміну представлені в табл. 3.

Таблиця 3

Попередні значення для розрахунку конвективного теплообміну від фронтальної пластини

N, %	$q_k$ , Вт/м <sup>2</sup>	$t_w$ , °C	$t_a$ , °C	$t_f$ , °C	Характеристики повітря			
					$\beta \cdot 10^{-3}$	$\nu \cdot 10^{-6}$ , м <sup>2</sup> /с	Pr	$\lambda$ , Вт/(м·К)
5	79	38,9	20	29,45	3,306	15,95	0,701	0,027
10	158	56,4	20	38,20	3,213	16,79	0,699	0,027
15	237	69,9	20	44,95	3,145	17,45	0,699	0,028
20	316	82,6	20	51,30	3,084	18,08	0,698	0,028

Визначаємо модифіковане значення (місцевого) числа Грасгофа [7]:

$$Gr_{q,H} = \frac{g \cdot \beta \cdot q_k \cdot H^4}{\lambda \cdot \nu^2} \quad (7)$$

Далі знаходимо місцеві значення числа Нуссельта для ламінарного режиму:

$$Nu_H = 0,60 (Gr_{q,H} \cdot Pr)^{0,2} \quad 10^5 < Gr_{q,H} < 10^{11} \quad (8)$$

та турбулентного режиму:

$$Nu_H = 0,17 (Gr_{q,H} \cdot Pr)^{0,25} \quad Gr_{q,H} > 10^{11} \quad (9)$$

Визначаємо місцевий коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_H = (Nu_H \cdot \lambda)/H \quad (10)$$

Визначаємо середній коефіцієнт теплообміну в залежності від режиму руху. Для ламінарного режиму руху:

$$\bar{\alpha} = 1,25 \cdot \alpha_H, \quad (11)$$

а для турбулентного режиму руху:

$$\bar{\alpha} = 1,136 \cdot \alpha_H. \quad (12)$$

Після цього визначаємо середню температуру поверхні стінки  $t_{w1}$ , °C:

$$t_{w1} = t_a + \frac{q_k}{\bar{\alpha}} \quad (13)$$

Якщо отримане значення  $t_{w1}$  та задане раніше значення суттєво відрізняються, то виконуємо розрахунок ще раз з вже отриманим значенням  $t_{w1}$  і повторюємо обчислення, поки значення не будуть відповідати заданим умовам збіжності. В даній роботі значення приймалися за умови, що вони не відрізняються більше, ніж на 1%.

Остаточні результати розрахунків зведені в табл. 4.

*Таблиця 4*

Перевірка прийнятих значень середньої температури фронтальної поверхні  
ТАЕП

$N, \%$	$Gr_{q,H} \cdot 10^{11}$	Тип течії	$Nu_H$	$\alpha_H, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$\bar{\alpha}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$t_{w1}, ^\circ\text{C}$
5	0,717	Ламінарна	82,88	3,35	4,18	38,88
10	1,222	Турбулентна	91,92	3,82	4,34	56,40
15	1,630	Турбулентна	98,76	4,18	4,75	69,89
20	1,954	Турбулентна	103,30	4,44	5,05	82,60

Тепер, оскільки були отримані дані по температурі на поверхні стінки, визначимо питому складову променевого теплообміну  $q_n$ ,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ . Для цього будемо вважати, що температура оточуючих конструкцій відповідає температурі повітря і відповідно формула для визначення складової променевого теплообміну від фронтальної поверхні ТАЕП [8]:

$$q_n = \sigma_0 \cdot \varepsilon_{\text{пр}} \cdot \varphi_{1-2} ((t_w + 273)^4 + (t_a + 273)^4), \quad (14)$$

де  $\sigma_0$  – константа Стефана-Больцмана,  $\sigma_0 = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ ,  $\varepsilon_{\text{пр}}$  – приведений відносний коефіцієнт випромінювання при теплообміні між двома сірими поверхнями,  $\varphi_{1-2}$  – коефіцієнт опроміненості поверхні.

На даному етапі не будемо загостряти увагу на тому, якими будуть значення  $\varphi_{1-2}$  та  $\varepsilon_{\text{пр}}$ , а визначимо максимально можливу тепловіддачу за рахунок променевої складової  $q_n^{\text{max}}$ ,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ :

$$q_n^{\text{max}} = \sigma_0 \cdot ((t_w + 273)^4 + (t_a + 273)^4), \quad (15)$$

Добуток  $\varepsilon_{\text{пр}} \cdot \varphi_{1-2}$  будемо розглядати як частку  $M$ , що характеризує допустиме значення теплообміну випромінюванням між фронтальною поверхнею ТАЕП  $q_n^i$ ,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ , від максимально можливої променевої тепловіддачі:

$$q_n^i = (M/100\%) \cdot q_n^{\text{max}}, \quad (16)$$

де задаємось значеннями  $M = 5, 10, 15$  та  $20\%$ .

Визначимо співвідношення прийнятих теплових потоків за рахунок променевого теплообміну та конвективного теплообміну  $\Theta$ , %:

$$\Theta = (q_n^i / q_k) \cdot 100\% \quad (17)$$

Це саме співвідношення можна наближено оцінити і по спрощених формулах [8] та з урахуванням рівнянь (14-17):

$$\Theta = \frac{(M/100\%) \cdot b_{1-2} \cdot C_0}{\bar{\alpha}} \cdot 100\% \quad (17a)$$

де  $C_0$  – коефіцієнт опромінення абсолютно чорного тіла,  $C_0 = 5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ ;  $b_{1-2}$  – множник, що коректує розбіжності між двома різницями температур (використовується за кімнатних температур):

$$b_{1-2} = 0,81 + 0,01 \cdot \frac{t_w + t_a}{2} \quad (17b)$$

Тепер можна визначити загальний тепловий потік від фронтальної поверхні приладу як:

$$q_{\Sigma} = q_{\Pi}^i + q_{\kappa} \quad (18)$$

Визначимо те, яку частку від максимального питомого теплового потоку на одиницю фронтальної поверхні приладу  $q_{\Pi}$  складає тепловий потік від фронтальної поверхні приладу  $q_{\Sigma}$  із співвідношення  $\eta$ :

$$\eta = (q_{\Sigma}/q_{\Pi}) \cdot 100\% \quad (19)$$

Результати розрахунків представлено в табл. 5.

Таблиця 5

Визначення значень променевого теплообміну та співвідношень теплообмінів

$N$ , %	$q_{\Pi}^{\max}$ , $\text{Вт}/\text{м}^2$	$M$ , %	$q_{\Pi}^i$ , $\text{Вт}/\text{м}^2$	$\Theta$ , %	$q_{\Sigma}$ , $\text{Вт}/\text{м}^2$	$\eta$ , %
5	119	5	5,9	7,5	84,9	5,4
		10	11,9	15,0	90,9	5,8
		15	17,8	22,5	96,8	6,1
		20	23,7	30,1	102,7	6,5
10	250	5	12,5	7,9	170,5	10,8
		10	25,0	15,8	183,0	11,6
		15	37,4	23,7	195,4	12,4
		20	49,9	31,6	207,9	13,2
15	366	5	18,3	7,7	255,3	16,2
		10	36,6	15,4	273,6	17,3
		15	54,9	23,2	291,9	18,5
		20	73,2	30,9	310,2	19,6
20	489	5	24,4	7,7	340,4	21,5
		10	48,9	15,5	364,9	23,1
		15	73,3	23,2	389,3	24,6
		20	97,7	30,9	413,7	26,2

**Висновок.** Наведені результати продемонстрували, що в статичних ТАЕП тепловіддача від вертикальних поверхонь відбувається переважно за турбулентного режиму. В області турбулентного прилежового шару коефіцієнт конвективної тепловіддачі практично не змінюється [7]. В літературі також є вказівки на те, що більш ефективними для інтенсифікації теплообміну є

опалювальні прилади низької висоти [8]. Оскільки при проектуванні ТАЕП інтенсифікація тепловіддачі на його зовнішній поверхні є нерегульованим параметром – а відповідно – й негативним фактором, це свідчить про переваги високих конструкцій в якості акумуляторів.

Також було продемонстровано суттєве зростання необхідної середньої температури фронтальної поверхні ТАЕП для забезпечення на ньому визначеного конструкцією теплового потоку: зростання заданого теплового потоку з 5% до 20% призводить до зростання температури з 38,9 °С до 82,6 °С. Одночасно з цим променевий теплообмін по відношенню до конвективного теплообміну зростає пропорційно за всіх умов моделювання, що пояснюється особливостями методики моделювання та порівняно невисокими температурами на фронтальній поверхні приладу. За даних умов моделювання радіаційна складова в теплообміні від фронтальної пластини хоч і є значно меншою, ніж конвективна складова, але нехтування нею при аналізі тепловіддачі від фронтальної поверхні ТАЕП може призводити до суттєвих похибок.

## Література

1. *Малкін Е. С.* Теплоаккумулюючі електропечі. Термінологія і класифікація / *Е. С. Малкін, О. В. Лysак* // Промислова електроенергетика та електротехніка (Промелектро). – 2014. – № 3. – С. 69–74.
2. *Лysак Олег* Выбор теплоаккумулирующих электропечей при внедрении в Украине / *Олег Лysак, Эдуард Малкин* // Budownictwo zoptymalizowanym potencjale energetycznym. – Częstochowa (Poland) : Politechnika Częstochowska, 2015. – №1 – С. 117–125.
3. *Лysак О. В.* Аналіз конвективної тепловіддачі від фронтальної поверхні теплоаккумулюючої електропечі / *О. В. Лysак* // Вісник КНУТД. – 2015. – № 5(90). – С. 15–23.
4. ADS STATIC STORAGE HEATERS : TECHNICAL DATA SHEET [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.elnur-global.com/dl-files/elnures/ft/en/f\\_ads\\_en.pdf](http://www.elnur-global.com/dl-files/elnures/ft/en/f_ads_en.pdf). – Назва з екрану. – 10.02.2016 р.
5. *Kothandaraman C. P.* Fundamentals of heat and mass transfer, 3rd ed. / New Delhi : New Age International, 2006. – 729 p.
6. *Мухеев М. А.* Основы теплопередачи / *М. А. Мухеев, И. М. Мухеева*. – 2-е изд., стер. – Москва : Энергия, 1977. – 343 с.
7. *Цветков Ф. Ф.* Тепломассообмен : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по энергет. специальностям / *Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев*. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : изд-во МЭИ, 2005. – 548 с.
8. *Богословский В. Н.* Отопление: ученик для вузов / *В. Н. Богословский, А. Н. Сканава*. – М. : Стройиздат, 1991. – 736 с.

# **АНАЛИЗ ЛУЧИСТОГО ТЕПЛООБМЕНА ФРОНТАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТЕПЛОАККУМУЛЯЦИОННОГО ОБОГРЕВАТЕЛЯ ПРИ ПОСТОЯННОМ ЗНАЧЕНИИ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛОВОГО ПОТОКА НА НЕЙ**

*Лысак О. В.*

В статье проанализированы возможные значения радиационного теплообмена между фронтальной поверхностью электрического теплоаккумуляционного обогревателя и окружающими поверхностями. Для этого определены удельные показатели тепловой мощности приборов и разработана модель для оценки роста температуры фронтальной поверхности приборов в зависимости от того, какая доля от удельных показателей тепловой мощности прибора обеспечивается естественной конвекцией от фронтальной поверхности.

## **ANALYSIS OF RADIATIVE HEAT TRANSFER FROM THE ISOFLUX FRONT PANEL OF A STORAGE HEATER**

*Oleg V. Lysak*

The aim of the article is to specify the possible options of the radiation heat transfer between the front panel of a storage heater and the surrounding surfaces. In order to achieve that goal some assumptions are made. First of all, the static storage heater heat rates are analyzed. However, only the range of the storage heater with higher heat output is taken into consideration. And their heat rates per area values are used to calculate the averaged heat flux. Then the value of the averaged heat flux is used to specify the heat flux on the front panel of a storage heater. There are options to suggest that some share of the averaged heat flux is the part of the heat transfer of the frontal panel of a storage heater. The following shares are taken: 5, 10, 15 and 20%. Then the equations to calculate the average wall temperature of the vertical surfaces with constant heat flux condition are used. Only the share of the 5% is in the laminar range, others are in turbulent region. The average wall temperature is in the range from 38.9 to 82.6 °C. Knowing the average wall temperature, the radiative heat transfer is calculated. There are also made some assumptions of how much radiative heat transfer from the surface panel of a storage heater should be. Because the heat rate from the surface panel of a storage heater can't be regulated, the heat rate from it could lead to the overheating the room thus it would reduce comfort and it is the excess energy waste.



## ФОРМОУТВОРЕННЯ ТРАНСФОРМОВАНОЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ЗОНТИЧНОЇ СИСТЕМИ З УРАХУВАННЯМ ШВІВ $\Delta min$ .

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

*Створено модель складчастої трансформованої системи з урахуванням швів  $\Delta min_1$ ,  $\Delta min_2$  і  $\Delta min_3$ . Досліджено параметри положення векторів та координат вершин ламаних. Розроблено методику для формування будь-якої моделі СТС Sn.*

**Постановка проблеми.** На сучасному етапі розвитку просторових конструкцій переконливо доведена техніко-економічна ефективність застосування в будівництві складчастих трансформованих систем (СТС). Відомо, що створення трансформованих систем із модульних елементів з мінімальною кількістю типорозмірів дає значний економічний ефект в багатьох напрямках. Для застосування принципів в процесі проектування трансформованих структур, необхідно описання їхніх проектувальних параметрів. Методи аналітичної геометрії дозволяють дуже швидко отримувати вичерпну інформацію про конструктивні форми, відбирати варіанти, що відповідають вимогам, за яким можна відтворювати графічну плоску або просторову модель. Тому створення методик для конструювання геометричних моделей плоских та просторових складчастих систем з різними схемами трансформації є важливим напрямком і є досить актуальним завданням.

**Мета статті.** Розробити методику формоутворення трансформованої енергоефективної зонтичної системи з урахуванням швів  $\Delta min$ .

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Розробкою і дослідженням трансформованих систем займалися Вартанян О. М., Фесан А. М., Шихієв І. С., Гладиш К. К., Нікітенко О. П., Мішанін І. Н. та інші. В їхніх наукових роботах розроблено, досліджено та запропоновано різноманітну кількість трансформованих конструкцій і систем.

**Основна частина.** Відомо, що площа добре може бути поділена на багатогранні елементи. Перетворюючи їх відсіки за допомогою лінійних перетворень можна отримувати відсіки інших поверхонь. Відхилення форми поверхні, залежить від вигляду, значень параметрів перетворення, що обмежені допустимою шириною швів між плитами паркета і допустимою товщиною елементів. З метою уніфікації поверхонь використовують лінійні перетворення, які можуть бути застосовані за допомогою спеціальних векторних перетворень.

Значення параметра перетворення при якому досягнуто максимально допустимих величин, називається граничним параметром. Кожному граничному параметру відповідає відповідна поверхня. Змінюючи параметр перетворення від 0 до граничного значення, можна отримати однопараметричне сімейство площин, що складаються з гранних пластинчастих елементів.

Задамо паралельно площині  $XOY$  вектор  $\vec{r}_{1,1}(M_{1,1}, M_{2,1})$  і вектор  $\vec{q}_{1,2}(M_{1,1} + \Delta \min_1, M_{2,1} + \Delta \min_1)$ . Необхідно знайти координати розташування вектора  $\vec{p}_n(M_x + \Delta \min_3, M_y + \Delta \min_3)$  і сформулювати вихідну модель CTC Sn з урахуванням швів  $\Delta \min_1$  і  $\Delta \min_2$ ,

де  $\Delta \min_1$  – розмір поздовжніх швів;

$\Delta \min_2$  – розмір поперечних швів;

$\Delta \min_3$  – розмір діагональних швів.

Для формування підсистеми вихідної моделі виконуємо наступні умови:

1) Вектор  $\vec{r}_{1,1}(M_{1,1}, M_{2,1})$  в вершині  $M_{2,1}$ , за допомогою методу конгруентних перетворень обертаємо на кут  $\alpha_{1,1}$ . Отримаємо вектор  $\vec{r}_{2,1}(M_{2,1}, M_{3,1})$ .

2) Пункт (1) виконуємо  $n$ - кількість разів для заданої CTC Sn, де  $n$  – число сторін рівностороннього багатогранника. В даному випадку (рис. 1) отримали геометричну модель у якій вектори і кути рівні:

$$\vec{r}_{1,1}(M_{1,1}, M_{2,1}) = \vec{r}_{2,1}(M_{2,1}, M_{3,1}) = \vec{r}_{3,1}(M_{3,1}, M_{4,1}) = \vec{r}_{4,1}(M_{4,1}, M_{1,1});$$

$$\alpha_{1,1} = \alpha_{1,2} = \alpha_{1,3} = \alpha_{1,4} = 90^\circ.$$

Знаходимо координати вершин ламаної:

$$Xm_{2,1} = Xm_{1,1} + X\vec{r}_{1,1}; Ym_{2,1} = Ym_{1,1} + Y\vec{r}_{1,1}; Zm_{2,1} = 0. \quad (1)$$

$$Xm_{3,1} = Xm_{2,1} + X\vec{r}_{2,1}; Ym_{3,1} = Ym_{2,1} + Y\vec{r}_{2,1}; Zm_{3,1} = 0.$$

$$Xm_{4,1} = Xm_{3,1} + X\vec{r}_{3,1}; Ym_{4,1} = Ym_{3,1} + Y\vec{r}_{3,1}; Zm_{4,1} = 0,$$

де  $X\vec{r}_{n,n}, Y\vec{r}_{n,n}$  – координати відповідних векторів.

3) Вектор  $\vec{q}_{1,2}(M_{1,1} + \Delta \min_1; M_{2,1} + \Delta \min_1)$  у вершині  $m_{1,3}$  обертаємо на кут  $\alpha_{cost}$  (для будь-якої системи  $\alpha_{cost} = 90^\circ$ ) і отримуємо вектор  $\vec{r}_{1,3}(M_{1,3}, M_{1,4})$ . Тоді координати вершин другої ламаної будуть:

$$Xm_{1,2} = Xm_{1,1} + \Delta \min_1; Ym_{2,1} = Ym_{1,1} + \Delta \min_1; Zm_{1,2} = 0.$$

$$Xm_{1,3} = Xm_{2,1} + \Delta \min_1; Ym_{3,1} = Ym_{2,1} + \Delta \min_1; Zm_{1,3} = 0. \quad (2)$$

$$Xm_{1,4} = Xm_{1,3} + X\vec{r}_{1,3}; Ym_{1,4} = Ym_{1,3} + Y\vec{r}_{1,3}; Zm_{1,4} = 0.$$

4) Вектор  $\vec{r}_{1,3}(M_{1,3}, M_{1,4})$  паралельно переносимо на величину шва  $\Delta \min_2$  і отримаємо вектор  $\vec{q}_{1,5}(M_{1,5}; M_{1,6})$ . У вершині  $m_{1,6}$  обертаємо вектор  $\vec{q}_{1,5}$  на кут  $\alpha_{cost}$  і отримаємо вектор  $\vec{r}_{1,6}(M_{1,6}, M_{1,7})$ . У вершині  $m_{1,7}$  обертаємо вектор  $\vec{r}_{1,6}$  на кут  $\alpha_{cost}$  і отримаємо вектор  $\vec{r}_{1,7}(M_{1,7}, M_{1,8})$ . Початок вектора  $\vec{q}_{1,5}(M_{1,5}; M_{1,6})$  і кінець вектора  $\vec{r}_{1,7}(M_{1,7}, M_{1,8})$  задає положення вектора  $\vec{r}_{1,8}(M_{1,8}, M_{1,5})$ . Отже, координати вершин третьої ламаної будуть:

$$Xm_{1,5} = Xm_{1,4} + \Delta \min_2; Ym_{1,5} = Ym_{1,4} + \Delta \min_2; Zm_{1,5} = 0.$$

$$Xm_{1,6} = Xm_{1,3} + \Delta \min_2; Ym_{1,6} = Ym_{1,3} + \Delta \min_2; Zm_{1,6} = 0. \quad (3)$$

$$Xm_{1,7} = Xm_{1,6} + X\vec{r}_{1,6}; Ym_{1,7} = Ym_{1,6} + Y\vec{r}_{1,6}; Zm_{1,7} = 0.$$

$$Xm_{1,8} = Xm_{1,7} + X\vec{r}_{1,7}; Ym_{1,8} = Ym_{1,7} + Y\vec{r}_{1,7}; Zm_{1,8} = 0.$$

---

\* Вектор  $\vec{r}_{1,1}$  має початком точку  $m_{1,1}(Xm_{1,1}, Ym_{1,1})$ , а кінцем точку  $m_{2,1}(Xm_{2,1}, Ym_{2,1})$ . Тоді координати вектора  $\vec{r}_{1,1}(M_{1,1}, M_{2,1})$ :  $M_{1,1} = Xm_{2,1} - Xm_{1,1}$  і  $M_{2,1} = Ym_{2,1} - Ym_{1,1}$ .

5) Вектор  $\vec{r}_{1,6}(M_{1,6}; M_{1,7})$  паралельно переносимо на величину шва  $\Delta min_1$  і отримуємо вектор  $\vec{q}_{1,9}(M_{1,9}; M_{1,10})$ . У вершині  $m_{1,10}$  вектор  $\vec{q}_{1,9}$  обертаємо на кут  $\alpha_{cosi}$  і отримуємо вектор  $\vec{r}_{1,10}(M_{1,10}; M_{1,11})$ . Сума векторів  $\vec{q}_{1,9}(M_{1,9}; M_{1,10}) + \vec{r}_{1,10}(M_{1,10}; M_{1,11}) = \vec{r}_{1,11}(M_{1,9}; M_{1,11})$ . Координати вершин четвертої ламаної:

$$\begin{aligned} X_{m_{1,9}} &= X_{m_{1,6}} + \Delta min_1; Y_{m_{1,9}} = Y_{m_{1,6}} + \Delta min_1; Z_{m_{1,9}} = 0; \\ X_{m_{1,10}} &= X_{m_{1,7}} + \Delta min_1; Y_{m_{1,10}} = Y_{m_{1,7}} + \Delta min_1; Z_{m_{1,10}} = 0; \\ X_{m_{1,11}} &= X_{m_{1,10}} + X\vec{r}_{1,10}; Y_{m_{1,11}} = Y_{m_{1,10}} + Y\vec{r}_{1,10}; Z_{m_{1,11}} = 0. \end{aligned} \quad (4)$$

6) Пункти (3)-(5) виконуються для кожної підсистеми відповідну кількість разів до знаходження всіх вершин ламаних і координат направлених векторів.

У випадку зображеному на рис. 1 знайдено параметри вектора  $\vec{r}_{1,11}(M_{1,9}; M_{1,11})$ , тоді переносимо вектор на величину шва  $\Delta min_3$  і отримуємо координати шуканого вектора:

$$\vec{p}_n(M_{1,9} + \Delta min_3; M_{1,11} + \Delta min_3).$$

Виконуючи пункти (1)-(6) для кожної СТС  $S_n$  знаходимо координати вершин ламаних:

$$\begin{aligned} m_{2,1}; m_{2,2}; m_{2,3} \dots m_{2,11} \dots m_{2,n}; \\ m_{3,1}; m_{3,2}; m_{3,3} \dots m_{3,11} \dots m_{3,n}; \\ m_{4,1}; m_{4,2}; m_{4,3} \dots m_{4,11} \dots m_{4,n}; \\ m_{n+1,1}; m_{n+1,2}; m_{n+1,3} \dots m_{n+1,11} \dots m_{n+1,n}. \end{aligned}$$

Відповідне розташування всіх вершин шуканих ламаних задає формотворчу область вихідної моделі СТCS<sub>n</sub> у горизонтальній площині XOY. Параметри форми ланок ламаних знаходимо з умов формування геометричної моделі СТС [3].

Отже, побудова системи  $S_4$  (рис.1) з урахуванням швів  $\Delta min_1$ ,  $\Delta min_2$  і  $\Delta min_3$  формується по координатам вершин ламаних:

$$\begin{cases} X_{m_{2,1}} = X_{m_{1,1}} + X\vec{r}_{1,1}; Y_{m_{2,1}} = Y_{m_{1,1}} + Y\vec{r}_{1,1}; Z_{m_{2,1}} = 0; \\ X_{m_{3,1}} = X_{m_{2,1}} + X\vec{r}_{2,1}; Y_{m_{3,1}} = Y_{m_{2,1}} + Y\vec{r}_{2,1}; Z_{m_{3,1}} = 0; \\ X_{m_{4,1}} = X_{m_{3,1}} + X\vec{r}_{3,1}; Y_{m_{4,1}} = Y_{m_{3,1}} + Y\vec{r}_{3,1}; Z_{m_{4,1}} = 0; \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{m_{1,2}} = X_{m_{1,1}} + \Delta min_1; Y_{m_{1,2}} = Y_{m_{1,1}} + \Delta min_1; Z_{m_{1,2}} = 0; \\ X_{m_{2,2}} = X_{m_{2,1}} + \Delta min_1; Y_{m_{2,2}} = Y_{m_{2,1}} + \Delta min_1; Z_{m_{2,2}} = 0; \\ X_{m_{3,2}} = X_{m_{3,1}} + \Delta min_1; Y_{m_{3,2}} = Y_{m_{3,1}} + \Delta min_1; Z_{m_{3,2}} = 0; \\ X_{m_{4,2}} = X_{m_{4,1}} + \Delta min_1; Y_{m_{4,2}} = Y_{m_{4,1}} + \Delta min_1; Z_{m_{4,2}} = 0; \end{cases}$$

$$\begin{cases} X_{m_{1,3}} = X_{m_{2,1}} + \Delta min_1; Y_{m_{1,3}} = Y_{m_{2,1}} + \Delta min_1; Z_{m_{1,3}} = 0; \\ X_{m_{2,3}} = X_{m_{3,1}} + \Delta min_1; Y_{m_{2,3}} = Y_{m_{3,1}} + \Delta min_1; Z_{m_{2,3}} = 0; \\ X_{m_{3,3}} = X_{m_{4,1}} + \Delta min_1; Y_{m_{3,3}} = Y_{m_{4,1}} + \Delta min_1; Z_{m_{3,3}} = 0; \\ X_{m_{4,3}} = X_{m_{1,1}} + \Delta min_1; Y_{m_{4,3}} = Y_{m_{1,1}} + \Delta min_1; Z_{m_{4,3}} = 0; \end{cases}$$

$$\begin{cases}
X_{m1,4} = X_{m1,3} + X_{\overline{r_{1,3}}}; Y_{m1,4} = Y_{m1,3} + Y_{\overline{r_{1,3}}}; Z_{m1,4} = 0; \\
X_{m2,4} = X_{m2,3} + X_{\overline{r_{2,3}}}; Y_{m2,4} = Y_{m2,3} + Y_{\overline{r_{2,3}}}; Z_{m2,4} = 0; \\
X_{m3,4} = X_{m3,3} + X_{\overline{r_{3,3}}}; Y_{m3,4} = Y_{m3,3} + Y_{\overline{r_{3,3}}}; Z_{m3,4} = 0; \\
X_{m4,4} = X_{m4,3} + X_{\overline{r_{4,3}}}; Y_{m4,4} = Y_{m4,3} + Y_{\overline{r_{4,3}}}; Z_{m4,4} = 0;
\end{cases}$$

$$\begin{cases}
X_{m1,5} = X_{m1,4} + \Delta min_2; Y_{m1,5} = Y_{m1,4} + \Delta min_2; Z_{m1,5} = 0; \\
X_{m2,5} = X_{m2,4} + \Delta min_2; Y_{m2,5} = Y_{m2,4} + \Delta min_2; Z_{m2,5} = 0; \\
X_{m3,5} = X_{m3,4} + \Delta min_2; Y_{m3,5} = Y_{m3,4} + \Delta min_2; Z_{m3,5} = 0; \\
X_{m4,5} = X_{m4,4} + \Delta min_2; Y_{m4,5} = Y_{m4,4} + \Delta min_2; Z_{m4,5} = 0;
\end{cases}$$

$$\begin{cases}
X_{m1,6} = X_{m1,3} + \Delta min_2; Y_{m1,6} = Y_{m1,3} + \Delta min_2; Z_{m1,6} = 0; \\
X_{m2,6} = X_{m2,3} + \Delta min_2; Y_{m2,6} = Y_{m2,3} + \Delta min_2; Z_{m2,6} = 0; \\
X_{m3,6} = X_{m3,3} + \Delta min_2; Y_{m3,6} = Y_{m3,3} + \Delta min_2; Z_{m3,6} = 0; \\
X_{m4,6} = X_{m4,3} + \Delta min_2; Y_{m4,6} = Y_{m4,3} + \Delta min_2; Z_{m4,6} = 0;
\end{cases}$$

$$\begin{cases}
X_{m1,7} = X_{m1,6} + X_{\overline{r_{1,6}}}; Y_{m1,7} = Y_{m1,6} + Y_{\overline{r_{1,6}}}; Z_{m1,7} = 0; \\
X_{m2,7} = X_{m2,6} + X_{\overline{r_{2,6}}}; Y_{m2,7} = Y_{m2,6} + Y_{\overline{r_{2,6}}}; Z_{m2,7} = 0; \\
X_{m3,7} = X_{m3,6} + X_{\overline{r_{3,6}}}; Y_{m3,7} = Y_{m3,6} + Y_{\overline{r_{3,6}}}; Z_{m3,7} = 0; \\
X_{m4,7} = X_{m4,6} + X_{\overline{r_{4,6}}}; Y_{m4,7} = Y_{m4,6} + Y_{\overline{r_{4,6}}}; Z_{m4,7} = 0;
\end{cases}$$

$$\begin{cases}
X_{m1,8} = X_{m1,7} + X_{\overline{r_{1,7}}}; Y_{m1,8} = Y_{m1,7} + Y_{\overline{r_{1,7}}}; Z_{m1,8} = 0; \\
X_{m2,8} = X_{m2,7} + X_{\overline{r_{2,7}}}; Y_{m2,8} = Y_{m2,7} + Y_{\overline{r_{2,7}}}; Z_{m2,8} = 0; \\
X_{m3,8} = X_{m3,7} + X_{\overline{r_{3,7}}}; Y_{m3,8} = Y_{m3,7} + Y_{\overline{r_{3,7}}}; Z_{m3,8} = 0; \\
X_{m4,8} = X_{m4,7} + X_{\overline{r_{4,7}}}; Y_{m4,8} = Y_{m4,7} + Y_{\overline{r_{4,7}}}; Z_{m4,8} = 0;
\end{cases}$$

$$\begin{cases}
X_{m1,9} = X_{m1,6} + \Delta min_1; Y_{m1,9} = Y_{m1,6} + \Delta min_1; Z_{m1,9} = 0; \\
X_{m2,9} = X_{m2,6} + \Delta min_1; Y_{m2,9} = Y_{m2,6} + \Delta min_1; Z_{m2,9} = 0; \\
X_{m3,9} = X_{m3,6} + \Delta min_1; Y_{m3,9} = Y_{m3,6} + \Delta min_1; Z_{m3,9} = 0; \\
X_{m4,9} = X_{m4,6} + \Delta min_1; Y_{m4,9} = Y_{m4,6} + \Delta min_1; Z_{m4,9} = 0;
\end{cases}$$

$$\begin{cases}
X_{m1,10} = X_{m1,7} + \Delta min_1; Y_{m1,10} = Y_{m1,7} + \Delta min_1; Z_{m1,10} = 0; \\
X_{m2,10} = X_{m2,7} + \Delta min_1; Y_{m2,10} = Y_{m2,7} + \Delta min_1; Z_{m2,10} = 0; \\
X_{m3,10} = X_{m3,7} + \Delta min_1; Y_{m3,10} = Y_{m3,7} + \Delta min_1; Z_{m3,10} = 0; \\
X_{m4,10} = X_{m4,7} + \Delta min_1; Y_{m4,10} = Y_{m4,7} + \Delta min_1; Z_{m4,10} = 0;
\end{cases}$$

$$\begin{cases}
X_{m1,11} = X_{m1,10} + X_{\overline{r_{1,10}}}; Y_{m1,11} = Y_{m1,10} + Y_{\overline{r_{1,10}}}; Z_{m1,8} = 0; \\
X_{m2,11} = X_{m2,10} + X_{\overline{r_{2,10}}}; Y_{m2,11} = Y_{m2,10} + Y_{\overline{r_{2,10}}}; Z_{m2,8} = 0; \\
X_{m3,11} = X_{m3,10} + X_{\overline{r_{3,10}}}; Y_{m3,11} = Y_{m3,10} + Y_{\overline{r_{3,10}}}; Z_{m3,8} = 0; \\
X_{m4,11} = X_{m4,10} + X_{\overline{r_{4,10}}}; Y_{m4,11} = Y_{m4,10} + Y_{\overline{r_{4,10}}}; Z_{m4,8} = 0;
\end{cases}$$

$$\begin{cases} \overrightarrow{p_{1,4}}(m_{4,9} + \Delta min_3; m_{4,11} + \Delta min_3) = \overrightarrow{r_{1,4}}(m_{4,9} + \Delta min_3; m_{4,11} + \Delta min_3); \\ \overrightarrow{p_{2,4}}(m_{1,9} + \Delta min_3; m_{1,11} + \Delta min_3) = \overrightarrow{r_{2,4}}(m_{1,9} + \Delta min_3; m_{1,11} + \Delta min_3); \\ \overrightarrow{p_{3,4}}(m_{2,9} + \Delta min_3; m_{2,11} + \Delta min_3) = \overrightarrow{r_{3,4}}(m_{2,9} + \Delta min_3; m_{2,11} + \Delta min_3); \\ \overrightarrow{p_{4,4}}(m_{3,9} + \Delta min_3; m_{3,11} + \Delta min_3) = \overrightarrow{p_{4,4}}(m_{3,9} + \Delta min_3; m_{3,11} + \Delta min_3). \end{cases}$$

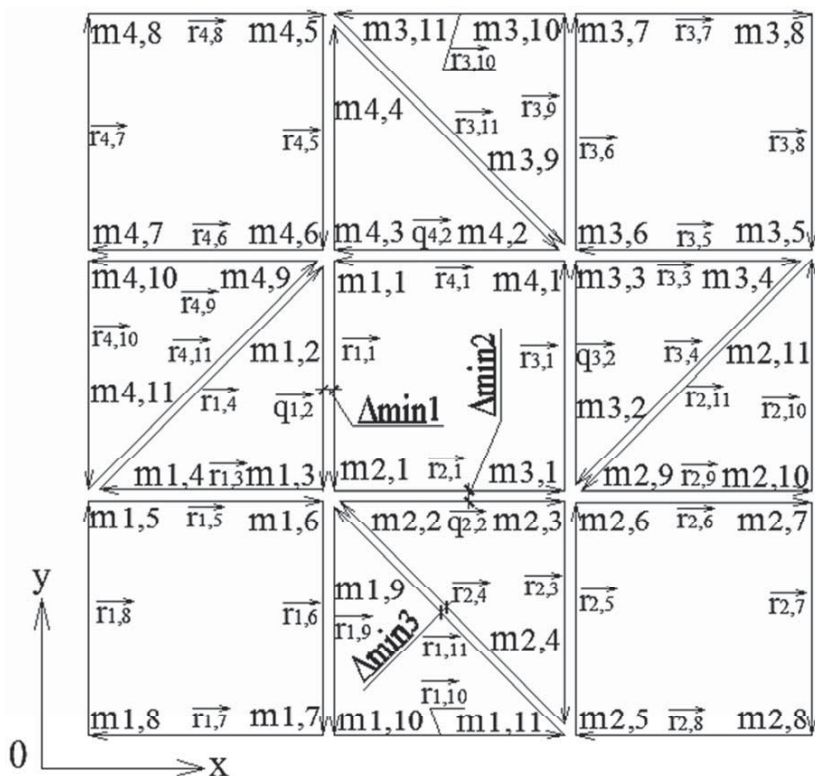


Рис. 1. Система  $S_4$  з урахуванням швів  $\Delta min_1$ ,  $\Delta min_2$  і  $\Delta min_3$

**Перспективи подальших досліджень.** Досліджуватимуться геометричні параметри систем  $S_n$ . Розроблюватиметься математична модель трансформації системи  $S_n$ .

**Висновки.** Створено модель складчастої трансформованої системи з урахуванням швів  $\Delta min_1$ ,  $\Delta min_2$  і  $\Delta min_3$ , що дає перспективу для подальшої розробки зонтичної трансформованої сонцезахисної системи з матеріалів невеликої товщини. Досліджено параметри положення векторів та координат вершин ламаних, на основі яких можна створити алгоритм проектування системи обчислення на ЕОМ. Розроблено методику для формування будь-якої моделі  $CTCS_n$ .

## Література

1. Лисун І. С. Складчаста трансформована система, як об'єкт сонцезахисту на прикладі зимового саду житлового будинку / І. С. Лисун // «Енергоефективність в будівництві та архітектурі : зб. наук. пр. – К. : КНУБА, 2014. – Вип. 6. – С. 177–182.
2. Лисун І. С. Трансформовані складчасті конструкції в будівництві / І. С. Лисун // «Теорія та практика дизайну» (технічна естетика) : зб. наук. пр. – К. : «Дія», 2014. – Вип. 6. – С. 108–116.
3. Плоский В. О. Методика побудови складчастої трансформованої системи  $S_n$  / В. О. Плоский., І. С. Лисун // «Сучасні проблеми моделювання». – Мелітополь : МДПУ ім. Богдана Хмельницького, 2014. – Вип. 2. – стор. 83-87.
4. Фесан О. М. Геометричне моделювання і автоматизація проектування трансформованих складчастих структур: дис.канд. техн. наук / О. М. Фесан. – К., 1981 – 224 с.
5. Frey Otto. Special issue devoted to the exhibition organized by the Museum of Modern Art : «The work of Frey Otto and his team's 1955-1976» / Otto Frey. – New York, 1971. – P. 64.

### **ФОРМООБРАЗОВАНИЕ ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗОНТИЧНЫХ СИСТЕМЫ С УЧЕТОМ ШВОВ $\Delta_{min}$ .**

*Лисун И. С.*

Создана модель складчастої трансформованої системи з урахуванням швів  $\Delta_{min_1}$ ,  $\Delta_{min_2}$  і  $\Delta_{min_3}$ . Исследованы параметры положения векторов и координат вершин ломаных. Разработана методика для формирования любой модели СТС  $S_n$ .

### **FORMATION A TRANSFORMED ENERGY EFFICIENT UMBELLATE SYSTEM WITH FORMATION A TRANSFORMED ENERGY EFFICIENT UMBELLATE SYSTEM WITH STITCHES $\Delta_{min}$ .**

*Iryna Lisun*

The model folded transformed system taking into account the seams  $\Delta_{min_1}$ ,  $\Delta_{min_2}$  and  $\Delta_{min_3}$ . Investigated parameters the position vectors and the coordinates of vertices the polygonal lines. Developed a method for the formation of any models FTS  $S_n$ .

## ОСОБЛИВОСТІ АРХІТЕКТУРНИХ РІШЕНЬ СПОРУД НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕЛЕНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ КАРПАТ

<sup>1</sup>Національний університет «Львівська політехніка»,

<sup>2</sup>Львівський державний центр науки інновацій та інформатизації, Україна

*В статті досліджуються історичні приклади будівель і споруд, які використовували відновлювальну енергетику в Карпатах. Наводяться приклади архітектури з сучасним використанням енергії гірських річок закордоном, що показує реальність застосування гідроенергетики на практиці при новому будівництві у Карпатах.*

**Постановка проблеми.** Українські Карпати володіють значним рекреаційним потенціалом, що дає великі перспективи розвитку цієї галузі і може позитивно впливати на економіку держави. Це є причиною швидких темпів будівництва, що, на жаль, призводить до багатьох негативних наслідків, одними з яких є погіршення екології та естетики. Частковою причиною цих наслідків є використання традиційних джерел енергії, в той час, коли світова практика активно застосовує технології, що дозволяють користуватись альтернативними джерелами енергії. Відомо, що Карпати володіють потенціалом відновлюваної енергетики, яку можна використовувати при новому будівництві. Цим самим можна уникнути зайвої забудови, прокладання довгих комунікацій, обмежити негативний вплив на екологію та економити кошти, будучи енергетично незалежним. Також ці технології разом із застосуванням принципів енергоощадності безпосередньо впливають на архітектурно-планувальне вирішення будівель.

Відомо, що найбільшим серед альтернативних джерел енергії у Карпатах є гідроенергетичний потенціал. На досліджуваних територіях є досить розгалужена сітка річок та водних потоків. Наступною за потенціалом можна виділити енергію вітру. Проте сильні вітри в Карпатах характерні для верховин, тобто на великих відстанях від забудови. В регіоні є великі можливості використання біологічних ресурсів. Біомаса є недорогим та легкодоступним місцевим паливом, яке можна ефективно залучити до виробництва теплової та електричної енергії. Згідно статистичних даних, загальні річні обсяги відходів біомаси в Україні на сьогодні оцінюються у 120 млн. т, що еквівалентно 23 млн. т у.п. [1]. Складовими енергетичного потенціалу біомаси Карпатського регіону є тваринницька сільськогосподарська і рослинна сільськогосподарська біомаса та енергетичний потенціал відходів лісу [2]. Енергія сонця може також застосовуватись у будівлях на території Карпат, що, правда, схили гір можуть впливати на розташування сонячних батарей та колекторів.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Проблема впровадження використання поновлювальних джерел енергії, зокрема малі гідроелектростанції, розглядається багатьма вченими та спеціалістами. Проте

архітектурний аспект цієї сфери мало досліджений. Виклад матеріалу даної статті опирається на дослідження Михайліва М. І., Габреля М. С., Воскресенського В. О. та ін.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Для ефективного розвитку архітектури в Карпатах спочатку важливо виявити особливості архітектури будівель, які розвинулись на основі використання поновлювальних джерел енергії, в даному випадку – на основі водних ресурсів Карпат.

**Основна частина.** У Карпатах досить густа і розгалужена річкова сітка, а також є багато потоків, які стікають з гір. Віддавна відомі історичні приклади застосування енергії води для різних господарських потреб за допомогою маломасштабних споруд.

Наприклад, на Гуцульщині використовували такий пристрій з використанням енергії води, як валило. Це простий пристрій, який може бути влаштований різними способами, зазвичай з товстих дошок, для валяння вовни. В ньому вироби з вовни (ліжники, гуні) ущільнювали та одержували ворс шляхом шести-восьмигодинного валяння. Вода, що з великою силою падає згори, «валяє» – обертає виріб, надаючи відповідної щільності та вибиваючи кінці спряденої вовни. [3] Зараз їх часто називають гуцульськими пральними машинами.

За архітектурним образом такі споруди знаходимо різними (рис. 1). Як правило, вони є маломасштабні, розташовані поблизу ріки, з використанням дерева, відкритого в екстер'єрі. Споруди валила мають перспективу функціонування надалі для господарських потреб. Як видно з фото, валила потребують покращення естетичного облаштування, так як в поєднанні з природним середовищем можуть створювати атрактивний для туристів краєвид.

Іншими господарськими спорудами, в яких віддавна застосовувалась енергія води є млини. Вони виробляють енергію для побутових потреб (помолу). Їх функціонування не завдає шкоди екології, на відміну від сучасних малих ГЕС, які споруджують у Карпатах. Греблі не завжди були обов'язковим елементом водяного млина – деякі млини працювали шляхом безпосереднього занурення колеса у воду без перекриття потоку або періодичного відведення частини потоку на млин. Окрім того, підпірні греблі для водяних млинів були, як правило, на порядок менші, ніж греблі малих ГЕС, а тому підчас паводків цілком затоплювались водами і не створювали перешкод для міграції риби [4]. До наших днів збереглося дуже мало млинів.

На прикладі млина в Краснолі (рис. 2) можна побачити, що архітектура та натуральні матеріали млина органічно поєднуються з середовищем. Масштаб будівлі не несе візуального навантаження на краєвид, естетичною особливістю якого є домінуючий природний ландшафт. Штучний водоспад є атрактивним елементом простору.

Ще одними спорудами, які продукують електроенергію річок є малі ГЕС. Їх спорудження почали ще за часів початку СРСР. Проте в Карпатах небагато є таких об'єктів, хоч цей регіон має найбільший гідроенергетичний потенціал в



Україні. Сучасне будівництво малих ГЕС в Карпатах зустрічає опір екологів та громадськості.

Щодо розміщення об'єкту в середовищі, як архітектурної форми, то до прикладу у с. Явора (рис. 3) споруда МГЕС має делікатну форму, тому може гармоніювати з ландшафтом, проте її естетичний вигляд, колористика потребують оновлення. МГЕС є атрактивним елементом простору. Сучасні малі ГЕС – є негативним прикладом як зі сторони впливу на екологію, так і в якості елементу архітектурного краєвиду в умовах домінуючого природного ландшафту. Яскравим прикладом є мала ГЕС у верхів'ї р. Черемош (рис. 4), яка має один із найбільших показників енергетичного потенціалу. Вона негативно і жорстко втручається в природний ландшафт, а через неграмотне виконання – завдає шкоди екології.



Рис. 1. Фото валилав Івано-Франківській обл.:  
а, б – у с. Яворів Косівського р-ну (а – вигляд механізму; б – екстер'єр);  
в – у Верховинському р-ні; г – у Косівському р-ні.

Попри багато суперечок про сучасне будівництво малих ГЕС на карпатських річках знаходимо світові приклади використання кінетичної енергії води окремими будівлями за допомогою водяної турбіни (рис. 5). Це так-звані мікро-ГЕС потужністю не більше 100кВт, якої вистачає, щоб повністю електрифікувати будівлю (рис. 6). Такі рішення не завдають шкоди екології. Їх масштаб візуально не навантажує краєвиди Карпат, які приваблюють туристів. Архітектурний образ може бути наближений до традиційних форм.



Рис. 2. Млин у с. Красноїлі Верховинського р-ну, Івано-Франківської обл.



Рис. 3. МГЕС у с. Явора Львівської обл.

Рис. 4. Фото МГЕС у верхів'ї р. Ч.Черемош



Рис. 5. Водяна турбіна у гірській місцевості Португалії



Рис. 6. Приклади архітектури зі світової практики з функцією використання енергії води

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Існує великий гідроенергетичний потенціал у Карпатах. Історія та закордонна практика показує реальність застосування енергії води для вироблення електрики та побутових потреб, асучасна еколого-економічна ситуація та інтенсивність

забудови Карпат доводить важливість цього застосування. Особливість архітектури досліджуваних споруд виявляється в їх масштабності, естетичному поєднанні змінюючим природним середовищем та можливістю відтворення автентичних форм. Дана стаття є початком подальших досліджень архітектури будівель та споруд в Карпатах з використанням поновлювальних джерел енергії.

## Література

1. *Михайлів М. І.* Перешкоди розвитку поновлюваних та нетрадиційних джерел енергії в Карпатському регіоні та шляхи їх подолання / *М. І. Михайлів, Б. М. Лижичка* // Нетрадиц. і понов. джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні: Матер. Другої міжнар. наук.-практ. конф., Львів, 19-20 червня 2003 р. – Львів, 2003. – С. 16–17.
2. *Габрель М. С.* Особливості використання нетрадиційних та відновлюваних джерел енергозбереження у промисловості регіону / *М. С. Габрель* // Інноваційна економіка: всеукраїнський науково-виробничий журнал, Тернопіль. – 2013. – №2(40). – С. 101–106.
3. Гуцульське валило Верховинський р-н Івано-Франківська обл. [Електронний ресурс] : матеріали сайту Інформаційно консультативний центр. – Режим доступу : <http://ikc.if.ua/fotodoc/valulo.html>
4. *Павленко А.* Гідроенергетика у Карпатах: міфи і реальність [Електронний ресурс] / *А. Павленко, Б. Проць, О. Станкевич-Волосянчук* // Львів. – 2015. – Режим доступу : [http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/wwf\\_hydropower\\_myths\\_reality.pdf](http://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/wwf_hydropower_myths_reality.pdf).

## ОСОБЕННОСТИ АРХИТЕКТУРНЫХ РЕШЕНИЙ СООРУЖЕНИЙ НА ОСНОВАНИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ КАРПАТ *Лукомская И. О., Муха О. В.*

В статье исследуются исторические примеры зданий и сооружений, которые использовали возобновляемую энергетику в Карпатах. Приводятся примеры архитектуры с современным использованием энергии горных рек за рубежом, что показывает реальность применения гидроэнергетики на практике при новом строительстве в Карпатах.

## PECULIARITIES OF ARCHITECTURAL SOLUTIONS OF BUILDINGS BASED ON THE GREEN ENERGY USING *Iryna O. Lukomska, Orest V. Mukha*

The historical examples of buildings based on the renewable energy using in Carpathians are analyzed in this research. The examples of architectural objects with contemporary usage of energy from mountain rivers are studied. This shows the reality of hydropower application on practice for the new building in Carpathians.

## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПРОЕКТНОЇ ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ ТА БУДІВЕЛЬ

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

*Виконано аналіз основних положень впроваджуваної європейської методики у порівнянні з попередньою національною методикою. Запропонована схему алгоритму по розрахунку проектної теплової потужності систем опалення приміщень та будівель.*

**Постановка проблеми.** Відповідно до державних актів України в 2016 році в розпочато впровадження Європейських стандартів (EN) як національних. Стандарт *ДСТУ EN 12831:2008* «Визначення проектної теплової потужності системи опалення приміщень та будівлі» впроваджено без перекладу і не гармонізовано до деяких чинних національних норм, що не дозволяє повноцінно використовувати при підготовці фахівців у ВНЗ та їх практичній діяльності. Тому переклад вказаного стандарту і його гармонізація з урахуванням національних нормативів до умов навчального процесу на кафедрі теплогазопостачання і вентиляції є вчасним і необхідним.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На даний час над цією задачею працюють і інші ВНЗ України, зокрема НУВГП у м. Рівне. Опубліковані в цій статті результати є попередньо апробованими в навчальному процесі і можуть бути корисними для інших вузів та практичної діяльності фахівців.

**Постановка задачі.** Аналіз спільного і відмінного у впроваджуваній та в попередній методиках визначення проектної теплової потужності систем опалення приміщень та будівель. Розробка схеми алгоритму розрахунку за новою методикою з урахуванням чинних національних нормативів, Excel-програми розрахунку та методичних вказівок для навчального процесу.

**Основна частина.** Проектування системи опалення приміщень та будівель як правило включає наступні основні етапи:

- визначення початкових даних;
- вибір та теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій та вузлів їх сполучення («містків холоду») [1];
- визначення проектної теплової потужності системи опалення приміщень та будівлі [2, 3];
- конструювання енергоефективної системи опалення будівлі [2, 4, 5];
- гідравлічний розрахунок системи опалення [2];
- тепловий розрахунок та підбір опалювальних приладів [2, 7];
- конструювання та підбір обладнання індивідуального теплового пункту [2].

Як видно з порівняльного аналізу основних положень попередньої національної методики та нової методики (Таблиця 1), базовий підхід до визначення проектної теплової потужності систем опалення приміщень та будівель в обох методиках однаковий. В основу визначення величини теплової потужності системи опалення покладено повний тепловий баланс приміщень та будівлі в цілому. Розрахунок тепловтрат через огорожувальні конструкції приміщень базуються на аналогічних фізичних моделях, що описують процеси трансмісійної передачі теплоти, на основі встановлених коефіцієнтів теплопередачі через огорожувальні конструкції, перепаду температур внутрішнього та зовнішнього повітря та ряду додаткових поправочних коефіцієнтів.

Таблиця 1

Порівняльні характеристики методик визначення теплової потужності системи опалення

Національна методика (до 2015 р.)	Європейська методика
Тепловий баланс приміщень та будівлі в цілому	
$Q = (Q_{oz} + Q_e) \cdot b_1 \cdot b_2 + Q_{m,e} - Q_{m,n}$	$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} + \Phi_{Q,i}$
Не враховувалась	Додаткова компенсаційна теплова потужність для системи періодичного опалення $\Phi_{RH,i} = A_i \cdot f_{RH}$
Тепловтрати через огорожувальні конструкції приміщень	
$Q_{oz} = k \cdot A \cdot (t_{вн} - t_{зовн,5}) \cdot (1 + \Sigma \beta) \cdot n$	$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) (\theta_{int,i} - \theta_e)$
Спрощене представлення складових трансмісійної втрати теплової енергії	Характеристики втрат теплоти приміщенням при трансмісійних процесах теплопередачі: $H_{T,ie}; H_{T,iue}; H_{T,ig}; H_{T,ij}$
Не враховувалась	Характеристика трансмісійних тепловтрат опалювального приміщення через неопалюване приміщення до зовнішнього середовища $H_{T,iue} = \Sigma_k A_k \cdot U_k \cdot b_u + \Sigma_l \psi_l \cdot l_l \cdot b_u$
Не враховувалась	Складові трансмісійних тепловтрат через вузли сполучення («містки холоду») огорожувальних конструкцій $\Sigma_l \psi_l \cdot l_l \cdot b_u$

Відмінність нової методики в тому, що введено поняття «характеристики втрат теплоти приміщенням,  $H_{T,i}$ », що характеризує сукупність теплофізичних показників для різних трансмісійних процесів теплопередачі:



- через огорожувальні будівельні конструкції до зовнішнього повітря,  $H_{T,ie}$ ;
- до суміжного неопалювального приміщення,  $H_{T,iue}$ ;
- до ґрунту,  $H_{T,ig}$ ;
- до суміжного опалювального приміщення із іншою розрахунковою температурою,  $H_{T,ij}$ .

Також, в новій методиці враховано додаткову компенсаційну теплову потужність для опалювальних приміщень і всієї будівлі при нестационарному режимі роботи акумуляційних та інших систем опалення. Запропоновано формули для визначення трансмісійних тепловтрат опалювального приміщення через суміжне неопалювальне приміщення до зовнішнього повітря та через вузли сполучення огорожувальних конструкцій («містки холоду»).

На основі опрацювання європейської методики по визначенню теплової потужності систем опалення з метою практичного застосування при проектуванні систем опалення, а також в навчальному процесі підготовки фахівців із цивільної інженерії на кафедрі теплогазопостачання і вентиляції КНУБА була розроблена Exel-програма в якій реалізовано алгоритм методики (Рис. 1) за ДСТУ Б EN 12831:2008 з урахуванням вимог чинних національних нормативів.



Рис. 1. Схема алгоритму методики визначення теплової потужності системи опалення приміщення

Налагоджування цієї програми та гармонізація європейської методики проводилось на тестовому прикладі паралельно з виконанням розрахунків в програмному комплексі OZC фірми Sankom. Програма OZC версій 5.1 та 6.1 за останні роки набула широкого застосування відомими виробниками інсталяційного обладнання в Європі (KAN-Therm, Danfoss, Rehau...) і реалізує

названу вище європейську методику щодо визначення теплової потужності системи опалення. Порівняння результатів розрахунків тестового прикладу свідчить про достатній рівень адекватності розробленої Excel-програми.

Для ефективного впровадження та гармонізації європейської методики в Україні у наведених вище формулах запропоновано:

- поправочні коефіцієнти,  $e_k, e_l$ , на додаткові тепловтрати, що враховують випромінюючі властивості поверхні огороження, з урахуванням впливу мікрокліматичних умов, типу ізоляційних матеріалів і їх вологості, швидкості вітру та температури зовнішнього повітря прирівняти до національних значень коефіцієнтів додаткових тепловтрат  $e_k = e_l = 1 + \Sigma \beta = 1 + \beta_v + \beta_n$  на вітер та висоту (поверховість) будівлі;

- для житлових приміщень, на підставі попередньо чинної методики [6], побутові теплонадходження від людей, освітлення та побутових приладів визначаються з розрахунку 10 Вт на 1 м<sup>2</sup> площі підлоги приміщення. За наявності інших регулярних теплонадходжень або тепловтрат до розрахункового приміщення житлового, громадського або виробничого призначення слід користуватися відповідними чинними на час виконання розрахунків методиками [7];

- витрату припливного повітря у приміщення у формулі розрахунку характеристики тепловтрат на нагрівання зовнішнього вентиляційного повітря, що поступає до приміщення за рахунок неорганізованої вентиляції (інфільтрації, провітрювання тощо), обчислюють за даними національного стандарту [2].

Детальніше методика визначення теплової потужності системи опалення приміщень і будівлі в цілому наведена в методичних вказівках до виконання розділу «Теплова потужність систем водяного опалення» курсового та дипломного проєктів [8].

**Висновки.** Розроблені методичні вказівки на основі європейського стандарту по визначенню проєктної теплової потужності систем опалення рекомендується до використання як у навчальному процесі для підготовки фахівців, так і для практичного застосування при проєктуванні систем опалення. Отриманий досвід на кафедрі теплогазопостачання КНУБА може бути корисним для Мінрегіонбуду України при підготовці видання ДСТУ Б EN 12831:2008.

## Література

1. ДБН В.2.6-31:2006 із зм. №1 від 1.07.2013р. Теплова ізоляція будівель / Мінбуд України. – К. : ДП «Укрархбудінформ», 2006. – 70 с.
2. ДБН В.2.5-67:2014. Опалення, вентиляція та кондиціонування / Мінрегіонбуд та ЖКГ України. – К. : ДП «Укрархбудінформ» Мінбуду України, 2013. – 141 с.
3. ДСТУ EN 12831:2008 Системи опалення будівель. Метод визначення проєктного теплового навантаження.

4. *ДСТУ-Н Б А.2.2-12:2015*. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні.
5. *ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015*. Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель.
6. *Гершкович В. Ф.* Пособие по проектированию систем водяного отопления к СНиП 2.04.05-91 / *В. Ф. Гершкович*. – К. : КиевЗНИИЭП, 1996.
7. *Любарець О. П.* Проектування систем водяного опалення / *О. П. Любарець, О. М. Зайцев, В. О. Любарець* // Посібник для проєктувальників, інженерів і студентів технічних ВНЗ. – Відень-Київ-Сімферополь : Bello-print (Болгария), 2010. – 200 с., іл.
8. Методичні вказівки до виконання розділу «Теплова потужність систем водяного опалення» курсового та дипломного проєктів з дисципліни опалення для студентів спеціальності «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Теплогазопостачання і вентиляція» / Уклад.: *О. П. Любарець, М. П. Сенчук, В. О. Любарець*. – К. : КНУБА, 2016. – 34с.

## **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЕКТНОЙ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ И СТРОЕНИЙ**

*Любарец А. П., Сенчук М. П., Любарец В. А.*

Проведен анализ основных положений внедряемой европейской методики в сравнении с предыдущей национальной методикой. Предложена схема алгоритма по расчету проектной тепловой мощности систем отопления помещений и зданий.

## **METHOD FOR DETERMINATION OF DESIGN THERMAL POWER OF HEATING PREMISES AND BUILDINGS**

*A. Liubarets, M. Senchuk, V. Liubarets*

The analysis of the main provisions of the introduced European techniques in comparison with previous national methodology is conducted. Scheme of the algorithm for calculating the design thermal power of heating premises and buildings is offered.



## **ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПІВ «ЕКО-ДИЗАЙНУ» ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ДИТЯЧИХ ЗАКЛАДІВ ОЗДОРОВЛЕННЯ ТА ВІДПОЧИНКУ З УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ ПРОГРАМИ «ЕСО-САМР»**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна.*

*В статті виявлені основні принципи проектування закладів дитячого оздоровлення та відпочинку, що базуються на засадах сталого розвитку. Досліджено теоретичні аспекти «еко-дизайну» та практичний досвід європейських країн.*

**Постановка проблеми.** Україна посідає одне з провідних місць в Європі із забезпеченості природно-рекреаційними ресурсами, які в поєднанні з комфортним кліматом, зручним географічним розташуванням, унікальною культурно-історичною спадщиною, роблять нашу країну конкурентною на ринку туристичних послуг.

Проте, аналіз статистичних даних щодо діючих колективних засобів розміщення, свідчить, що не зважаючи на сприятливі природні умови, чисельність санаторно-курортних, оздоровчих закладів та таборів для дитячого відпочинку зменшується [1].

Причинами цього є ціла низка проблем серед яких брак фінансування та застарілий стан існуючої матеріально-технічної база, що не відповідає сучасним вимогам, відсутність реформ в сфері дитячого оздоровлення та відпочинку, відсутність стратегії розвитку будівництва нових закладів та недосконалість нормативної бази [5].

Новітні заклади дитячого оздоровлення та відпочинку мають відповідати багатьом критеріям, основними серед яких є високий рівень комфорту та безпеки у поєднанні з сучасними екологічними підходами, що зменшували б вплив на навколишнє середовище, та формували сприятливе середовище для перебування дітей.

Всі ці вимоги потребують пошуку нових організаційних рішень в цілому, та особливо в архітектурній та будівельній сферах. Доцільним при цьому є аналіз закордонного досвіду, оскільки у країнах Європейського Союзу вже давно розроблена та реалізується стратегія екологічного проектування та екологічно орієнтованого управління, як одного з важливих напрямків екологічної модернізації.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Особливостям розвитку організації місць для відпочинку та рекреаційних зон присвячені роботи Фоміна І. О., Панченко Т. Ф., Вандаловської Е. І.

Значну роль у дослідженні принципів організації дитячих закладів оздоровлення та відпочинку мають набутки 60-80 рр. XX ст., що стосуються

піонерських таборів, досліджені Полянським А.Т., Гусевим В.В., Хахановою Л. П., Александровою Л. А., Андрущенко Н., Буртом Ю.

Теоретико-методичні та прикладні аспекти впровадження принципів еко-дизайну перебувають також у центрі уваги сучасних українських дослідників, зокрема Голод А.П., Ернст Т.К., Кашенко Т.О., Папп В.В., Пригари О та ін.

Проте існує потреба у комплексному підході до наукового дослідження формування принципів, що мають вплив на архітектурно-планувальну організацію закладів дитячого оздоровлення та відпочинку.

**Постановка задачі.** Основна ціль статті полягає у виявленні принципів проектування дитячих закладів оздоровлення та відпочинку у відповідності до концепції еко-дизайну з обґрунтування напрямків і параметрів сталого розвитку.

**Основна частина.** Однією із тенденцій розвитку туризму в світі є посилення конкуренції на ринку туристичної пропозиції. Збільшується кількість туристичних закладів різних типів, – кемпінгів, туристичних парків, закладів для сімейного відпочинку, та, зокрема, дитячих закладів оздоровлення та відпочинку. І, звичайно, для виправдання очікувань туристів, вимоги яких постійно зростають, ці заклади постійно намагаються покращити рівень комфорту та послуг, які вони надають.

Результатом цього розвитку, зазвичай, є збільшення негативного впливу на оточуюче середовище, який є наслідком інтенсивнішого споживання енергоресурсів, збільшення кількості будівельних відходів, що призводить до незворотних змін в екосистемах та природному середовищі, спричинених забрудненням від транспортування та експлуатації матеріалів.

Приймаючи до уваги ці ризики Європейська комісія заснувала проект «LifeEnvironment», основна ціль якого сприяти реалізації, розвитку та вдосконаленню політики Європейського Союзу в галузях екології та захисту навколишнього середовища, шляхом сумісного фінансування програм, що досліджують проблеми функціонування туристичних закладів.

Однією із програм, що фінансується проектом «LifeEnvironment» стала програма «ECO-Camp», ціль якої дослідження експериментальних методів проектування туристичних кемпінгів, таборів та рекреаційних зон. Ідея авторів «ECO-Camp» полягає в тому, що екологічні проблеми можуть бути вирішені ще на стадії проектування, що зменшує загальний вплив на природне середовище від будівництва та подальшої експлуатації цих будівель.

Для експерименту були відібрані 5 туристичних центрів, – *BeauRivageCampSite*, *InternationalCampSiteofBordeaux* – *Bruges*, *LesChevreuilsCampSite*, *Cold'IbardinCampSite*, *LesPincampsite* – які були адаптовані під HQE® – стандарти «зеленого» будівництва у Франції, що базуються на принципах сталого розвитку.

Основною концепцією при проектуванні став «еко-дизайн», спосіб управління і підвищення екологічних характеристик об'єкта, основна мета якого – зменшити продукти негативного впливу на навколишнє середовище протягом всього життєвого циклу без зниження якості або продуктивності.

Крім функціональних та економічних характеристик, в еко-дизайні особливу увагу приділяють споживанню ресурсів при проектуванні, будівництві та експлуатації об'єктів, походженню та безпечивикористання матеріалів, можливості їх повторного використання із мінімальним екологічним збитком.

Впродовж експерименту були оцінені екологічні наслідки від функціонування об'єктів, виявленні слабкі місця та підібрані конкретні заходи для підвищення ефективності. Робота складалася з трьох етапів.

На першому етапі був розроблений план роботи, в якому:

- Були визначені потреби та основні екологічні стандарти, які мали бути запроваджені у проєкті.
- Виявлялися особливості та можливості кожної ділянки відповідно до нормативних обмежень, які включали природні ризики.
- Визначалися основні принципи на базі HQE®, які поділялися на три рівні, в залежності від потреб та вихідних умов: базовий, ефективний, дуже ефективний.

На другому етапі умови середовища інтегрувалися в архітектурні та технічні рішення, які мали безпосередній вплив на будівлі та споруди. Особлива увага приділялася техніко-економічним показникам що стосувалися 4-х позицій: «води», «енергоресурсів», «матеріалів» та «відходів».

На третьому етапі особливу увагу було приділено екологічно «дружньому» будівельному майданчику. Схеми для «зеленого» будівельного майданчика були розроблені архітекторами, а будівельні роботи велися сертифікованими організаціями. На рис. 1 зображено основні етапи з яких складались проєктні роботи:



Рис.1 Послідовність виконання проєктних робіт за програмою “Eco-Camp”

В рамках проєкту були впроваджені заходи щодо економії питної води: були встановлені кнопкові крани, а також, де це було доречно, використовували альтернативні джерела води, за допомогою збору дощової води або повторного використання очищеної води з плавального басейна. Загальна економія води оцінювалися в 5 000 м3 питної води в рік. Крім

того, за рахунок впровадження оптимізованої системи збору відходів та використання екологічно чистих місцевих матеріалів загальна кількість викидів CO<sub>2</sub> від проекту знизилася на 40 тон в рік [2].

Автори проекту мали на меті не тільки продемонструвати економічну доцільність таких рішень, але й довести, що саме природне середовище та природні ресурси становитимуть основу для розвитку цього сектору.

Оскільки, крім зниження рівня споживання енергетичних ресурсів, води, забруднення середовища, також стояло завдання в забезпеченні візуальної та естетичної інтеграції в природне оточення, для збереження природної спадщини районів. За допомогою архітектурних прийомів нові об'єкти були вписані в ландшафт, інженерне обладнання інтегрувалося в конструкції будівель, рисунок та пластика фасадів були змінені у відповідності до середовища за допомогою місцевих облицювальних матеріалів, в деяких об'єктах було застосовано озеленення покрівлі.

**Висновки.** Незважаючи на сприятливі передумови туристична галузь в Україні потребує оновлення. Для відповідності високим світовим стандартам, заклади, що існують зараз потребують модернізації, а підходи, що застосовуються при проектуванні та будівництві нових закладів мають бути переосмислені. Допомогти у вирішенні проблем сучасного стану колективних засобів розміщення в цілому, та дитячих закладів оздоровлення та відпочинку зокрема, можуть нові прийоми в організаційній та архітектурно-будівельній діяльності, які спираються на концепції сталого розвитку, і широко застосовуються в європейському досвіді. Основою для них має стати дотримання принципів еко-дизайну, що передбачають:

- зменшення впливу на навколишнє середовище;
- зменшення використання енергоресурсів;
- використання відновлювальних джерел енергії;
- використання місцевих матеріалів;
- використання матеріалів, виробництво яких не шкодить навколишньому середовищу;
- можливість повторного використання матеріалів.

## Література

1. Оздоровлення дітей у дитячих закладах оздоровлення та відпочинку влітку 2015 року [Електронний ресурс] // Державна служба статистики України. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <http://ukrstat.gov.ua/>.
2. ECO-CAMPS - Layman report [Електронний ресурс] // LIFE04 ENV. – 2008. – Режим доступу до ресурсу: [http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.ds.pPage&n\\_proj\\_id=2719&docType=pdf](http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.ds.pPage&n_proj_id=2719&docType=pdf).
3. Голод А. П. Основні напрями екологізації туристичної діяльності у приміській зоні великого міста / А. П. Голод // Глобальні та національні проблеми економіки. – 2015. – №8. – С. 811–814.

4. Пригара О. Екологічні проблеми туризму та шляхи їх вирішення / О. Пригара // Актуальні питання гуманітарних наук: міжвузівський збірник наукових праць молодих учених дрогобицького державного Педагогічного університету імені Івана Франка. – 2014. – №8. – С. 404–408.

5. Пann B. B. Сучасний стан та тенденції розвитку туристичної сфери в Україні та світі / B. Пann // Інвестиції: практика та досвід. – 2015. – С. 37–42.

**ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПОВ «ЭКО-ДИЗАЙНА» ПРИ  
ПРОЕКТИРОВАНИИ ДЕТСКИХ ЗАВЕДЕНИЙ ОЗДОРОВЛЕНИЯ И  
ОТДЫХА С УЧЕТОМ ОПЫТА ПРОГРАММЫ «ЕКО-КАМП»**

*Малый А. В., Кащенко Т. А.*

В статье выявлены основные принципы проектирования учреждений детского оздоровления и отдыха, которые базируются на принципах устойчивого развития. Исследованы теоретические аспекты «эко-дизайна» и практический опыт европейских стран.

**THE USE OF THE PRINCIPLES OF «ECO-DESIGN» IN THE DESIGN  
OF CHILDREN'S INSTITUTIONS OF RECOVERY AND REST BASED ON  
THE EXPERIENCE OF THE PROGRAM «ECO-CAMP»**

*Oleksandr V. Maliy, Tetyana O. Kashchenko*

The article revealed the basic principles for the design of children's institutions of rehabilitation and recreation, based on the principles of sustainable development. Studied theoretical aspects of «eco-design» and practical experience of European countries.

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ФОРМИ, УТЕПЛЮВАЧА, ОРІЄНТАЦІЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ З УРАХУВАННЯМ ВИМОГ ОСВІТЛЕННЯ ТА ІНСОЛЯЦІЇ

*Кременчуцький національний університет  
імені Михайла Остроградського, Україна*

*Розроблено методику багатопараметричної оптимізації енергоефективних граних будівель (азимутальної орієнтації будівель, параметрів форми, опору теплопередачі світлопрозорих і непрозорих огороджувальних конструкцій кожної грані, площі вікон на кожній грані будівлі) за критерієм мінімізації теплового балансу огороджувальних конструкцій будівлі з оточуючим середовищем протягом опалювального періоду з урахуванням вимог освітленості та інсоляції.*

*Для мансардної будівлі, розташованої в м. Київ, за рахунок оптимізації її параметрів тепловтрати зменшилися на 23,91 відсотка. Дану методику можна застосовувати при проектуванні енергоефективних і звичайних будівель.*

**Постановка проблеми.** При проектуванні енергоефективних будівель постає завдання оптимізації теплоенергетичного впливу зовнішнього клімату на тепловий баланс будівлі за рахунок оптимізації геометричних параметрів будівель: азимутальної орієнтації, її пропорцій, розташування і площі світлових прорізів; оптимального розподілу утеплювача по огороджувальних конструкціях та ін. Вдалий вибір параметрів створює можливість для збільшення впливу тепла від сонячної радіації на оболонку будівлі та зменшення витрат на опалення будівлі протягом опалювального періоду.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Вирішенню питання підвищення енергоефективності будівель присвячені роботи [1 – 3], але в них визначалися оптимальні пропорції будівель з точки зору мінімізації тепловтрат через огороджувальні конструкції за одним параметром пропорцій. У роботах [4, 5] окремо оптимізувалася форма будівлі та окремо параметри утеплювача непрозорих конструкцій будівлі з точки зору мінімального теплового балансу огороджувальних конструкцій. У роботі [6] розглядалася багатопараметрична оптимізація енергоефективних будівель. Наразі питання методики комплексної оптимізації параметрів форми, орієнтації, площі конструкцій будівель з урахуванням норм інсоляції та освітлення не розглядалося.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Для підвищення енергоефективності будівель необхідно запропонувати методику багатопараметричної оптимізації енергоефективних будівель (оптимізації орієнтації, форми багатограних будівель, опору теплопередачі огороджувальних конструкцій, оптимальної площі й розташування вікон) з урахуванням норм інсоляції та освітлення приміщень. Критерій оптимізації –

мінімізація теплового балансу огорожувальних конструкцій з оточуючим середовищем для опалювального періоду.

**Основна частина.** Для оптимізації параметрів енергоефективних будівель розроблено комплекс програм *Optimparam* з оптимізації параметрів і моделювання теплового балансу як окремих граней, так і будівлі в цілому для опалювального та літнього періодів за різних вихідних умов. Алгоритм використання моделей та оптимізації наведено на рис. 1. При цьому дотримуються вимоги нормованої інсоляції приміщень і коефіцієнта природного освітлення (КПО).

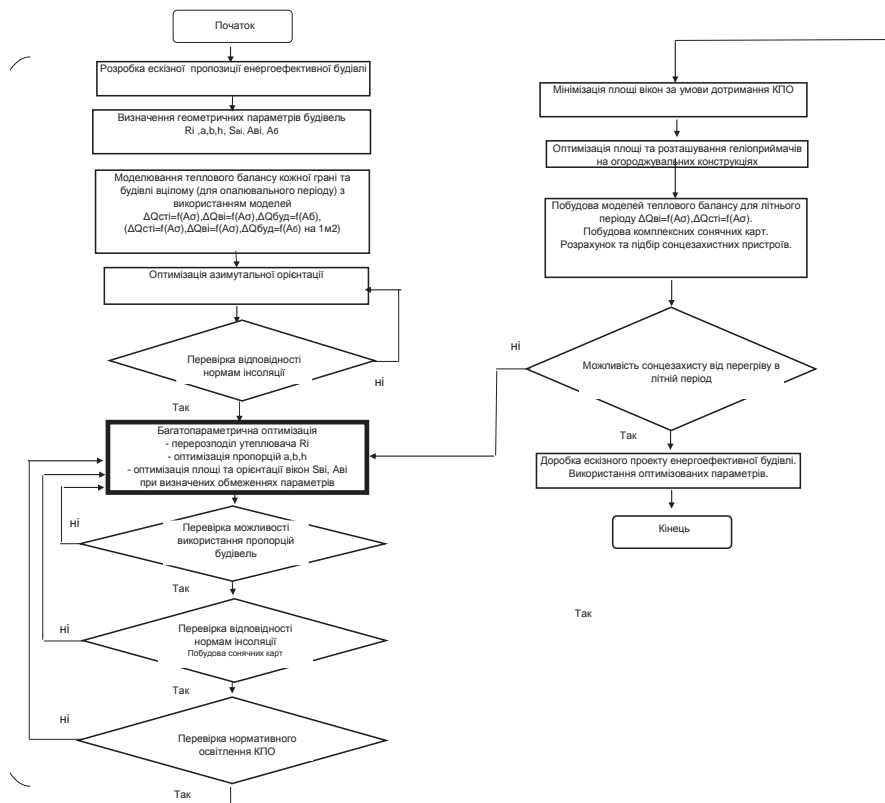


Рис. 1. Алгоритм оптимізації параметрів будівлі

**Приклад оптимізації.** Мансардна будівля, яка розташована в м. Київ (50-й градус північної широти), об'ємом  $V = 762,9 \text{ м}^3$  (рис. 2) з прямокутним планом. Кут нахилу даху 30 градусів.

Будівля має змінні параметри: три параметри форми ( $a = 9,68 \text{ м}$ ,  $b = 12 \text{ м}$ ,  $h = 8,3 \text{ м}$  по внутрішній поверхні конструкцій), сім параметрів товщини утеплювача (що замінені опором теплопередачі) непрозорих огорожувальних

конструкцій кожної з граней будівлі:  $R_{ст1} = 5,6 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ ,  $R_{ст2} = 5,6 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ ,  $R_{ст3} = 5,6 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ ,  $R_{ст4} = 5,6 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ ,  $R_{дах5} = 7,0 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ ,  $R_{дах6} = 7,0 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ ,  $R_{підл} = 8,0 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ , шість параметрів площі вікон кожної з граней  $S_{в1} = 2,61 \text{ м}^2$ ,  $S_{в2} = 5,6 \text{ м}^2$ ,  $S_{в3} = 46,10 \text{ м}^2$ ,  $S_{в4} = 7,82 \text{ м}^2$ ,  $S_{вдах5} = 0,96 \text{ м}^2$ ,  $S_{вдах6} = 1,92 \text{ м}^2$ , шість параметрів опору теплопередачі світлопрозорих конструкцій на кожній із граней  $R_{в1} = 0,75 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ ,  $R_{в2} = 0,75 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ ,  $R_{в3} = 1,8 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ ,  $R_{в4} = 0,75 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ ,  $R_{вдах5} = 0,75 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ ,  $R_{вдах6} = 0,75 \text{ м}^2\text{К/Вт}$ .

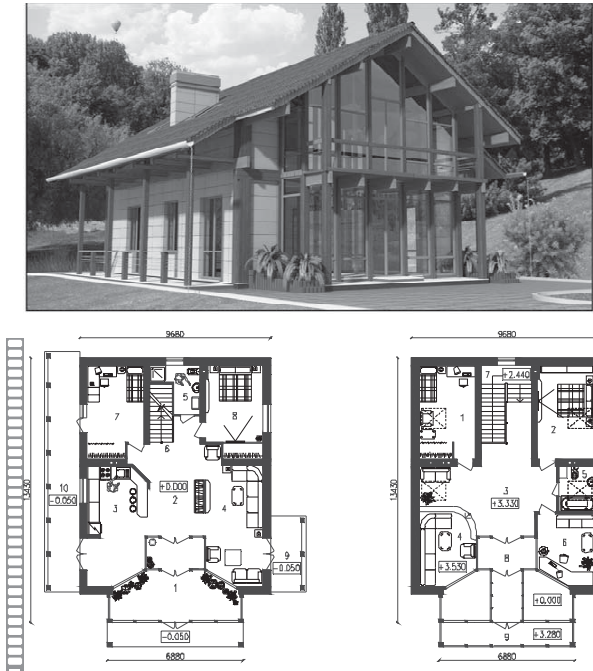


Рис. 2. Енергоефективна будівля

Визначено залежність теплового балансу кожного типу конструкції від азимутальної орієнтації. Найбільший вплив орієнтація має для світлопрозорих конструкцій, зокрема, для подвійно зашкленого фасаду з опором теплопередачі  $R_{в3} = 1,8 \text{ м}^2\text{К/Вт}$  (рис. 3, 4а, 4б).

Для оптимізації декількох параметрів будівлі (змінними є параметри будівлі) складається тепловий баланс кожної огорожувальної конструкції з оточуючим середовищем [6].

Оптимізовано орієнтацію будівлі з точки зору мінімальних тепловтрат протягом опалювального періоду. Будівля орієнтується подвійним скляним фасадом на південь.



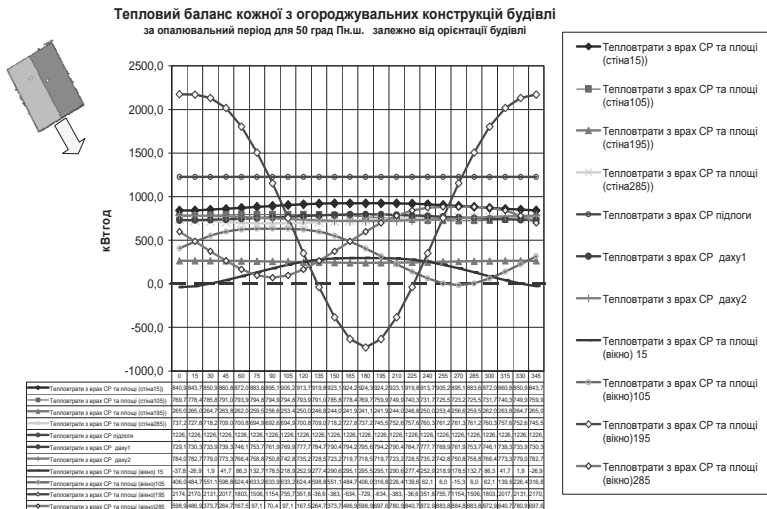


Рис. 3. Моделювання теплового балансу кожної грані залежно від азимутальної орієнтації будівлі з використанням моделей  $\Delta Q_i = f(A_B)$  для опалювального періоду



Рис. 4а. Тепловий баланс кожної грані для літнього періоду без урахування сонцезахисних засобів з використанням моделей  $\Delta Q_i = f(A_B)$

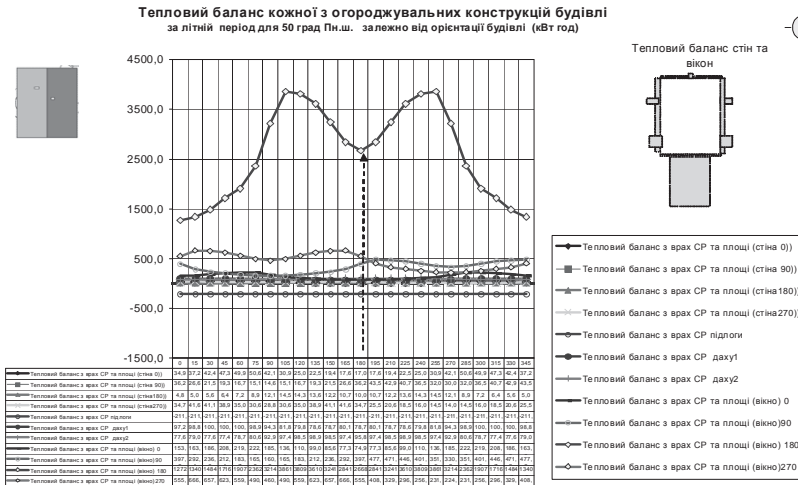


Рис. 4б. Тепловий баланс кожної грані для літнього періоду без урахування сонцезахисних засобів з використанням моделей  $\Delta Q_i = f(A_B)$

Зокрема, оптимізовано три групи параметрів: параметрів пропорцій будівлі ( $a$ ,  $b$ ,  $h$ ), опору теплопередачі огорожувальних конструкцій  $R_{\text{сті}}$ ,  $R_{\text{ві}}$ ,  $R_{\text{дахі}}$ ,  $R_{\text{під}}$  та площі  $S_{\text{ві}}$  світлопрозорих конструкцій кожної грані. У результаті оптимізації зазначених параметрів скорочення тепловтрат через огорожувальні конструкції будівлі становило 23,91 відсотка для опалювального періоду (рис. 5).



Рис. 5. Оптимізація пропорцій будівлі, перерозподілу утеплювача і розташування вікон

За алгоритмом оптимізації параметрів будівлі (рис. 1) перевірено відповідність природного освітлення приміщень та інсоляції нормативним вимогам. Оптимізовані параметри пропорцій складають:  $a = 7,825$  м,  $b = 13$  м,

$h = 9,4$  м; параметри опору теплопередачі огорожувальних конструкцій:  $R_{ст1}=7,24$  м<sup>2</sup>К/Вт,  $R_{ст2}=7,14$  м<sup>2</sup>К/Вт,  $R_{ст3}=4$  м<sup>2</sup>К/Вт,  $R_{ст4}=6,99$  м<sup>2</sup>К/Вт,  $R_{дах5}=7,23$  м<sup>2</sup>К/Вт,  $R_{дах6}=7,23$  м<sup>2</sup>К/Вт,  $R_{під}=6,98$  м<sup>2</sup>К/Вт; параметри площі вікон:  $S_{в1}=2,24$  м<sup>2</sup>,  $S_{в2}=2,25$  м<sup>2</sup>,  $S_{в3}=50,00$  м<sup>2</sup>,  $S_{в4}=6,00$  м<sup>2</sup>,  $S_{вдах5}=0,96$  м<sup>2</sup>,  $S_{вдах6}=0,96$  м<sup>2</sup>.

Зокрема, для захисту будівлі від перегріву в літній період модулюється тепловий баланс огорожувальних конструкцій. Оскільки найбільші теплонадходження відбуваються через подвійні скляні фасади (рис. 4), то використання сонцезахисних пристроїв зменшить надходження сонячної радіації в приміщення і відповідно захистить будівлю від перегріву (рис. 6).



Рис. 6. Тепловий баланс для різних типів граней з використанням сонцезахисних пристроїв для літнього періоду  $\Delta Q_{ii}=f(A_B)$

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Розроблено методику багатопараметричної оптимізації енергоефективних гранних будівель (орієнтації будівлі, параметрів форми, опору теплопередачі світлопрозорих і непрозорих огорожувальних конструкцій, площі вікон на кожній грані будівлі) з урахуванням норм освітленості та інсоляції за критерієм мінімізації теплового балансу будівлі з оточуючим середовищем за опалювальний період. Для мансардної будівлі оптимізація параметрів зменшила тепловтрати на 23,91 відсотка. Дана методика впроваджується в проектування ДП «УКРНДППцивільбуд». Можливе її використання як для енергоефективних, так і для звичайних будівель.

## Література

1. Маркус Т. А. Здания, климат и энергия / Т. А. Маркус, Э. Н. Морис. – Л. : Гидрометеиздат, 1985. – 540 с.
2. Табуничиков Ю. А. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / Ю. А. Табуничиков, М. М. Бродач. – М. : АВОК-ПРЕСС, 2002. — 194 с.

3. *Мартинов В. Л.* Геометричне моделювання параметрів енергоактивних житлових будинків / *В. Л. Мартинов* // VI Міжнародна науково-практична конференція «Геометрическое моделирование и компьютерные технологии: теория, практика, образование». – Харків, 2009. – С. 153–158.

4. *Сергейчук О. В.* Оптимізація розподілу утеплювача по поверхні будівлі при заданому класі його ефективності / *О. В. Сергейчук* // VI Міжнародна Кримська науково-практична конференція «Геометричне та комп'ютерне моделювання: енергозбереження, екологія, дизайн». – Сімферополь, 2009. – С. 44–49.

5. *Сергейчук О. В.* Оптимізація форми енергоефективної будівлі, зовнішня оболонка якої n-параметрична поверхня / *О. В. Сергейчук* // VII Міжнародна Кримська науково-практична конференція «Геометричне моделювання та комп'ютерний дизайн». – Сімферополь, 2010. – С. 150–155.

6. *Мартинов В. Л.* Багатопараметрична оптимізація гранних енергоефективних будівель / *В. Л. Мартинов* // VII Міжнародна науково-практична конференція «Геометричне моделювання, комп'ютерні технології та дизайн: теорія, практика, освіта». – Ужгород, 2011. – С. 135–139.

### **ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ФОРМЫ, УТЕПЛИТЕЛЯ, ОРИЕНТАЦИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ ОСВЕЩЕННОСТИ И ИНСОЛЯЦИИ**

*Мартынов В. Л.*

Разработана методика многопараметрической оптимизации энергоэффективных гранных зданий (азимутальной ориентации зданий, параметров формы, сопротивления теплопередаче светопрозрачных и непрозрачных ограждающих конструкций каждой грани, площади окон на каждой грани здания) по критерию минимизации теплового баланса ограждающих конструкций здания с окружающей средой в течение отопительного периода с учетом требований освещенности и инсоляции.

### **FORMS PARAMETER OPTIMIZATION, INSULATION, ORIENTATION, ENERGY EFFICIENT BUILDINGS TO MEET THE REQUIREMENTS OF LIGHTING AND INSULATION**

*Viacheslav Martynov*

The method of multidimensional optimization of energy efficiency sided building (the azimuthal orientation of the buildings, the shape parameters, resistance to heat transfer translucent and opaque walling each face, square windows on each side of the building) by the criterion of minimizing the heat balance of the building envelope to the environment during the heating season to meet the requirements illumination and insolation.

## КОНЦЕПЦІЯ КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ТА КАНАЛІЗАЦІЙНОЇ РЕКУПЕРАЦІЇ

<sup>1</sup>ТОВ «ГЕФЕСТ», Україна

<sup>2</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

*Демонструються основні положення роботи концептуальної комбінованої системи гарячого водопостачання. Система представляє собою комплексне поєднання сучасних засобів накопичення та перетворення альтернативних чистих джерел енергії, а саме: сонячної енергії та вод, що надходять від будинку до каналізаційних стоків.*

**Постановка проблеми.** Протягом останніх років проблематика енергозбереження вийшла на передній план серед інших технічних питань, що активно вирішуються спеціалістами різних галузевих напрямків як на місцевому, так і на державному рівні. При цьому об'єкти будівельного та житлово-комунального секторів представляють першочерговий інтерес в даному питанні у зв'язку з високим рівнем споживання енергетичних ресурсів, що витрачаються при їх створенні та подальшій експлуатації.

Досить важливим стає вирішення задач енергоефективності та енергозбереження у будівництві та архітектурі, якщо взяти до уваги той факт, що більшість будівель та споруд уже зведені й так чи інакше експлуатуються вже багато років, а новобудов по відношенню до перших зовсім небагато. В той же час впровадження більшості з сучасних досить дієвих заходів з енергоефективності передбачає, що їх застосовуватимуть ще на етапі проектування та будівництва.

Відтак особливо актуальною стає розробка технологій та концепцій, впровадження яких дасть можливість покращити показники енергоспоживання не лише новобудов, але й старих будинків, зокрема масової забудови, що дозволить багаторазово реалізовувати типові ефективні технічні рішення, швидко досягаючи масштабного економічного ефекту.

**Огляд галузевого стану.** На сьогоднішній день великого розповсюдження як серед спеціалістів будівельного профілю, так і серед широких верств населення, набули ідеї покращення ізоляційних властивосте теплової оболонки будівель та характеристик внутрішніх та зовнішніх інженерних мереж. Останньому слід завдячувати активній імплементації Державної програми підтримки модернізації інженерних систем будівель. У відповідності до неї Україна зобов'язується дотримуватись директив Європейського Союзу 2010/30/ЄС, 2010/31/ЄС та 2006/32/ЄС, орієнтованих на обов'язкові заходи з системного обліку спожитої енергії, комплексне впровадження заходів з термомодернізації, а також на ефективне використання

енергоресурсів [1, 2, 3]. Окрім того, триває інтенсивна розробка нових будівельних норм та стандартів, що на законодавчому рівні сприятимуть поглибленню ідей енергоефективності у проектуванні конструктивних та інженерних систем будівель та споруд за європейським зразком. Так, наказом Міністерства економіки України з 2016 року країна має здійснити повний перехід на європейські та міжнародні стандарти з застосуванням «методу обкладинки» при їх гармонізації. При цьому великі зусилля вкладаються Європейським Союзом у популяризацію часткового заміщення енергоспоживання у будівельному й житлово-комунальному секторах за допомогою альтернативних джерел енергії. Відтак, чималий інтерес представляє розробка принципів та концепцій інтеграції альтернативних джерел енергії у класичні схеми інженерних системи.

**Основна частина.** Одну з таких концепцій запропоновано спеціалістами компанії «Гефест» для впровадження в секторі гарячого водопостачання.

Принцип роботи системи полягає у наступному (див. рис. 1.):

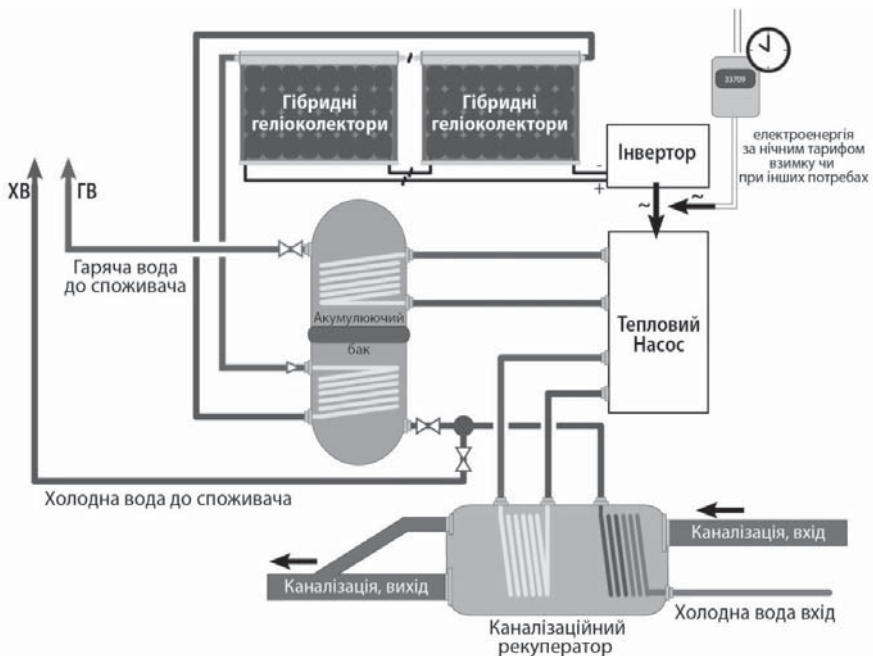


Рис. 1. Принципова схема підключень в комбінованій системі

1. Холодна вода, що надходить з мережі холодного водопостачання (ХВ), на початковому етапі проходить через каналізаційний рекуператор, який дозволяє незначною мірою підняти її температуру (на 8-10° C).

2. Підігріта у каналізаційному рекуператорі вода подається безпосередньо до споживачів, а також до акумулюючого баку, який накопичує теплову

енергію за допомогою нагрівальної частини гібридних сонячних колекторів та вторинного контура теплового насосу (ТН).

3. При цьому первинний контур теплового насосу розміщується у каналізаційному рекуператорі й також відбирає теплову енергію з каналізаційних вод.

4. Живлення ТН частково відбувається за рахунок електричної енергії, яка надходить через інвертор від гібридних геліоколекторів. Решту обсягу живлення ТН пропонується покривати за рахунок центральної електромережі (за нічним тарифом).

5. Підігріта у акумулюючому баці вода подається безпосередньо до споживача в якості гарячого водопостачання.

Система пристосована для різних режимів використання альтернативних джерел енергії при різних температурних коливаннях в різні пори року. Особливості функціонування системи описані нижче:

1. Сонячна енергія використовується для підігріву води від гібридних сонячних колекторів, звідки й надходить теплова енергія.

2. Отримана від геліоколекторів електрична енергія використовується для підвищення температури води в баці-акумуляторі в демісезонний період часу.

3. При цьому в нічний час та холодні періоди року використовується ТН для рекуперації тепла стоків. Тобто, первинний контур ТН використовує енергію каналізаційних стоків будівлі, догріваючи мережеву холодну воду з 5-8° С до 16-18° С, що в свою чергу додає можливість досягти економії витрат гарячої води до 24-26%.

4. Також тепло стічних вод використовується для попереднього догріву мережевої холодної води, що зменшує витрати акумульованої гарячої води.

5. Для приготування більш високотемпературної води, особливо в осінньо-весінній період використовується ТН, який працює на енергії електричної частини сонячних батарей та (або) за нічними мультизонними тарифами, в разі малої кількості сонячної енергії. При цьому живленням ТН від центральної електромережі є в 4 рази ефективніше за підготовку ГВ за допомогою електричного нагріву.

Важливим аспектом роботи системи є зменшення витрат ГВ при підвищенні температури ХВ, яка подається, за рахунок рекуперації тепла стоків на подачу ХВ.

Однак, у літньому режимі, при температурі ХВ, яка надходить з мережі з температурою вище 16° С, рекуперація стоків на ХВ малоефективна. Відтак тепло стоків майже повністю сприймається первинним контуром ТН в нічний час для максимальної підготовки ГВ за нічним тарифом, а також для максимальної підготовки ГВ в погоду зі слабкою сонячною радіацією.

**Специфіка обслуговування каналізаційного рекуператора.** Очищення резервуару каналізаційного рекуператора має здійснюватися щонайменше один або два рази на рік механічним способом. Доступ до резервуару каналізаційного рекуператора має забезпечуватися через ревізійні люки. При значному зниженні продуктивності роботи каналізаційного рекуператора слід здійснювати хімічне очищення один або два рази на рік. Точна періодичність



чисток має визначатися хімічним та механічним складом місцевої води та власне каналізаційних стоків.

Необхідність здійснення планової чистки каналізаційного рекуператора виникає при такому рівні робочого забруднення, при якому продуктивність теплопередачі у резервуарі зменшується на 30 % від початкових показників. Найбільший вплив складає склад і характер відкладень, а не характеристики матеріалів рекуператора. Загальний строк експлуатації каналізаційного рекуператора – не менше 30 років.

При стандартних умовах ревізійні люки розміщуються в верхній частині резервуару каналізаційного рекуператора, а також у подаючих-відвідних каналізаційних трубах (каналах). Каналізаційний рекуператор не чинить жодного негативного впливу на каналізаційну систему.

**Примітка 1. Щодо пікового споживання.** Зазвичай використовується пряма логіка розрахунків пікових навантажень без врахування інерційності системи, крайній варіант якої має в своєму складі акумуляційну ємність обсягом 12 000 л, яка без проблем перекидає пікове споживання. Є ще один аспект зменшення споживання гарячої води, в тому числі пікового – це рекуперативний підігрів холодної води. При рекуперації тепла за допомогою каналізаційного рекуператора варто враховувати в розрахунках, що саме рекуператор являється демпферно-акумуляційною ємністю. Демпферно-акумуляційна ємність використовується саме для того, аби не скидати тепло каналізаційних стоків у пікові часи водоспоживання до повної рекуперації тепла. Що означає для теплового насосу: ТН в піковий час водоспоживання рекуперує тепло стоків з температурою 18-25° С, що при номінальній паспортній тепловій потужності ТН за умовами В0/В50 в 50 кВт дає в реальності до 100 кВт теплової потужності.

З урахуванням одночасної рекуперації частини тепла стоків в підігрів холодної води та заздалегіть підготованого в теплових акумуляторах запасу в 12 000 літрів ГВ пікове споживання в літній період однозначно перекидається повністю. Для розуміння повного «об'ємного» балансу енергії варто аналізувати алгоритм приготування ГВ в наступному ключі. Кількість теплової енергії, яка входить в будинок у вигляді сум потоків ГВ+ХВ менше або рівнозначне кількості теплової енергії, яка відходить з будинку з каналізаційними стоками.

Система працює на два аспекти:

1. Скинути в каналізацію зі стоками тепла не більше, ніж поступає з холодною водою. Якщо це виходить, то витрати енергії на приготування ГВ рівні 1 – КПД системи, зазвичай це 0.25-0.3 (25-30%), що в літній час перекидається гібридними сонячними колекторами.

2. Технічна та економічна доцільність виготовлення каналізаційного рекуператора являється оптимальними при рекуперації не більше 70-80% обсягу теплових каналізаційних стоків, тому при розрахунках споживання системою потужностей варто розраховувати не енергію нагріву ГВ, а енергію, що є необхідною для теплового насосу на теплову трансформацію низькотемпературного обсягу тепла у високотемпературний, за відніманням



теплової енергії сонячних колекторів.

В запропонованій схемі, середній по року  $COP_{TH} = 5$  при підготовці ГВ. Існує режим пікового нагріву ХВ за допомогою ТН. В цьому режимі в піковий час розбору води ТН нагріває не бойлер ГВ, а проточний потік ХВ до  $20-25^{\circ}C$ ! Це дає  $COP_{TH} 12-15$ ! Тобто, теплова потужність 50 кВт-ного ТН стає рівною 150 кВт! А витрати гарячої води з бака – акумулятора зменшуються в 2 рази. Все це регулюється автоматикою.

### **Примітка 2. Щодо знезараження води або бактеріологічного захисту.**

Без ознайомлення з висновками аналізів води в конкретних випадках певних регіонів / будівель – не вбачається потреби у розгляді питання щодо додаткового знезараження води на етапі погодження концепції комбінованої системи, створеної для ефективного використання енергії для забезпечення ГВП в житлових приміщеннях при нагріванні в межах будинку води, яка поставляється поставником холодної питної води.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Нажаль неможливо в межах огляду концепції надати всі розрахунки та графіки можливих режимів роботи системи, так як система адаптивна до декількох варіативних режимів. Однак, при виконанні проектної документації реального об'єкту, доцільне виконання усіх розрахунки та побудова графіків не менш як трьох основних робочих режимів комбінованої системи ЕЕГВП. Для попередньої оцінки варто враховувати всього один основний аспект: Система рекуперує не менш як 70% тепла стоків. В будь-якому випадку витрати на ГВП будуть зменшені приблизно на цю величину.

Потужність ТН в даному випадку обрана оптимальна (питання окупності) для повного заміщення ГВП влітку та часткового / повного заміщення взимку.

Передбачається доопрацювання використання даної системи ГВП для покриття обсягу споживання в разі недостатньої продуктивності системи в конкретних випадках під конкретні проекти. Можливе виконання розрахунків повного річного заміщення підготовки ГВП збільшенням потужності ТН та гібридних колекторів, але подібне рішення матиме більші терміни окупності та відповідно меншу економічну доцільність.

## **Література**

1. Директива 2010/30/ЄС «Про вказування за допомогою маркування та стандартної інформації про товар обсягів споживання енергії та інших ресурсів енергоспоживчими продуктами».

2. Директива 2010/31/ЄС «Про енергоефективність будівель (EPBD)».

3. Директива 2006/32/ЄС «Про ефективність кінцевого використання енергії та енергетичні послуги (з 25.10.2012 EED 2012/27/ЄС Про енергоефективність)».

4. Енергоефективність в муніципальному секторі. Навчальний посібник для посадових осіб місцевого самоврядування / А. Максимов, І. Вахович, Т. Гутніченко та інші / Асоціація міст України – К., ТОВ «ПІДПРИЄМСТВО «ВІ ЕН ЕЙ», 2015. – 184 с.

**КОНЦЕПЦИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ  
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ  
И КАНАЛИЗАЦИОННОЙ РЕКУПЕРАЦИИ**

*Мачулко А. С., Кобзар И. Г., Скочко В. И.*

В работе демонстрируются основные положения работы концептуальной комбинированной системы горячего водоснабжения. Система представляет собой комплексное сочетание современных средств накопления и преобразования альтернативных чистых источников энергии, а именно: солнечной энергии и тепловой энергии вод, поступающих из здания в канализационные стоки.

**THE CONCEPT OF COMBINED ENERGY EFFICIENT HOT WATER  
SUPPLY USING SOLAR ENERGY AND SEWAGE RECUPERATION**

*Anatoly Machulko, Igor Kobzar, Volodymyr Skochko*

This article demonstrates the basic provisions of work of the conceptual combined hot water supply system. System represents a complex mix of modern means of accumulation and transformation of alternative clean energy sources, namely solar energy and thermal energy of water coming out of the building in the sewage sludges.

## АНАЛІЗ ТА МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДОСВІДУ НІМЕЧЧИНИ В ГАЛУЗІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В ЖИТЛОВОМУ СЕКТОРІ

*Київський коледж будівництва, архітектури та дизайну, Україна*

***В роботі проводиться аналіз причин і заходів з енергозбереження в житловому секторі Німеччини, стан енергозалежності житлового сектора в Україні, можливості використання досвіду Німеччини в галузі енергозбереження в житловому секторі.***

**Постановка проблеми.** Сучасна політика Німеччини в галузі енергоефективності будується на основі законів і програм, розроблених Єврокомісією для енергетичних галузей економіки країн – членів Євросоюзу.

Особливістю Німеччини є комплексний підхід, який враховує не тільки економію первинних ресурсів, але і їх вплив на навколишнє середовище.

Федеральним урядом Німеччини постійно оновлюються різні інтегровані програми із захисту клімату, економії енергії в будівлях і сприяння їх енергоефективній модернізації.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Заходи з енергозбереження почали проводитися в Німеччині ще в 70-і роки. Але особливо широкий розмах вони набули в кінці минулого – напочатку нинішнього століття.

При об'єднанні Німеччини в структуру житлово-комунального комплексу країни влилося безліч будівель в східній частині країни. Проведений на початку 90-х років комплексний моніторинг старих будівель показав, що середня витрата енергії на опалення, гаряче водопостачання, освітлення та інші побутові потреби в старих будівлях становила близько 280 кВт год./кв.м на рік, з них тільки на опалення витрачалося не менше 220 кВт год./кв.м на рік. В умовах досить м'якого клімату в Німеччині і постійного зростання вартості енергоносіїв це було визнано абсолютно нераціональним.

Один з перших декретів, який було підписано під час об'єднання Східної і Західної Німеччини, був декрет про істотне підвищення енергоефективності житлового фонду в колишній НДР. Багата ФРН не могла утримувати колишню бідну і енерговитратну НДР. Тим більше що до початку 90-х вже з'явився досвід будівництва будівель з використанням сучасних рішень з енергозбереження.

Жителям Східної Німеччини Федеральний уряд пообіцяв в найкоротший час забезпечити рівень життя, який є у інших німецьких громадян. Технічний стан житлового фонду Східної Німеччини в 1990 році вимагав термінового проведення санації. Термін експлуатації будинків панельної забудови – до 25 років без капітального ремонту.

Німецькі експерти дають таке визначення: «Санація – це комплекс заходів з урахуванням технічних, фінансово-економічних і соціальних факторів багатоповерхового житлового будинку з метою:

- відновлення початкового технічного стану будинку;

• проведення будівельних заходів для поліпшення умов проживання на тривалий термін часу;

• стійкої економії енергії, ресурсів, скорочення втрат і підвищення ринкової вартості житла ».

Для вирішення одного з головних завдань (забезпечення комфортних умов життя і зниження розміру комунальних платежів на опалення і електричну енергію) в цьому напрямку було два шляхи: знести всі ці будівлі або привести їх до відповідного стану.

Прикладом проведення таких радикальних заходів є Берлін.

У Східному Берліні налічується біля 270 тис. великопанельних житлових будинків. Найбільший район Берліна Марцан-Хеллерсдорф – район великопанельної забудови.

На особливу увагу заслуговує інформація про період, коли тут проводилося розбирання будівель зі зменшенням поверховості. Це робилося для зниження експлуатаційних витрат і в зв'язку з різким скороченням попиту на оренду квартир. Тому довелося йти на унікальні заходи: в цих будинках розібрали верхні 5-6 поверхів, а панелі подрібнили і матеріали використали в дорожньому будівництві. У квартирах збільшили площу і виконали енергоефективну реконструкцію.

З 1990 року в Берліні було модернізовано більше 90% багатоквартирних будинків. В ході робіт з реконструкції житлових будинків здійснювалися такі основні заходи:

- заміна покриття даху;
- утеплення технічного поверху;
- утеплення фасадів з декоративним оформленням будівлі;
- заміна вікон з рішенням завдання провітрювання і рекуперації;
- утеплення перекриттів підвалу та його санація;
- санація балконів;
- санація під'їздів;
- монтаж ліфта в зовнішній частині будівлі (при відсутності ліфта);
- заміна інженерних комунікацій в будівлі;
- заміна радіаторів з установкою на них термостатів і теплолічильників;
- улаштування горизонтальної схеми подачі тепла в квартири;
- встановлення квартирних лічильників споживання води;
- влаштування теплового вузла в підвалі будівлі і колективних лічильників витрат газу, води;
- облаштування прибудинкової території.

У Німеччині вартість санації становить лише одну третину вартості нового будівництва.

В рамках федеральної програми сприяння енергозберігаючій санації можливе отримання пільгового кредиту. Величина дотацій залежить від ефективності енергозберігаючих заходів.

Федеральна програма сприяння новому будівництву в Німеччині розрахована на підтримку будівництва та придбання енергоефективних

будинків і квартир з енергоспоживанням не більше 55 або 70 кВт год./кв.м в рік відповідно. На ці цілі надаються кредити з пільговими відсотковими ставками (2,8 – 4%).

З 2007 року в Німеччині введено енергетичні паспорти (документ, що містить геометричні, енергетичні й теплотехнічні характеристики будинку, що проектується або експлуатується, та встановлює їх відповідність вимогам нормативних документів).

Особливістю управління житловим фондом є те, що всі плани щодо його складу та підтримання в належному стані розробляються з урахуванням перспективи його подальшої експлуатації строком до 80 років.

**Формулювання цілей та завдання статті.** На думку німецьких експертів, найбільшу віддачу від запровадження енергозбереження в житловому секторі дають індивідуальний облік споживання тепла, федеральні енергозберігаючі програми та, що цікаво, відповідні освітні програми.

**Основна частина.** Враховуючи власний досвід по енергозбереженню, Німеччина бере активну участь у міжнародному співробітництві у сфері енергоефективності. Своїми досягненнями в напрямку енергозбереження Німеччина ділиться з іншими країнами Європи, зокрема з Україною.

Приблизно четверта частина палива, що спалюється в Україні, витрачається для теплопостачання житлових будинків і громадських будівель. Разом з тим, ми залежимо від поставок природного палива, ціна якого стрімко змінюється.

В Україні більше всього тепла витрачається на опалювання і на гаряче водопостачання. Будівлі, побудовані в той час, коли паливні ресурси здавалися безмежними, сьогодні вимагають так багато енергії, що їх експлуатація лягає важким тягарем на паливно-енергетичний комплекс, а будівництво нових будівель ще більш посилює проблему. Разом з тим, досвід розвинених країн, в тому числі і Німеччини, доводить, що на нинішньому рівні розвитку техніки, витрата тепла в будівлях може бути зменшена більше, ніж на третину, і цим визначаються значні резерви енергозбереження. Реалізувати ці резерви повною мірою можна, якщо вести роботу за двома основними напрямками:

- утеплення огорожуючих конструкцій будівель;
- модернізація систем теплопостачання.

Для всіх побудованих у колишній радянській Україні будинків характерний великий рівень енергоспоживання і, відповідно, великі експлуатаційні витрати. Сьогодні ці будинки вимагають реконструкції, а отже збільшення термічного опору зовнішніх захисних конструкцій, тобто істотного зниження рівня теплоспоживання.

Найбільша кількість енергії витрачається на експлуатацію існуючих будинків. За розрахунками німецьких спеціалістів ціни на витрати енергії для опалення будинку в Україні до 2020 року значно зростуть.

Будівельний сектор є одним із найбільш енергоспоживаючих секторів, з часткою біля 40% всього енергоспоживання, та пов'язаний з викидами парникових газів в Україні. Цей сектор багато в чому є енерго неефективним.

З іншого боку, будівельний сектор має більше, ніж будь-який інший сектор, можливостей для швидкого, глибокого та ефективного (в частині витрат) зниження викидів парникових газів. Значне зменшення викидів може бути досягнуто шляхом підвищення енергоефективності в будинках через вже доступні та готові до впровадження технології, розробки, обладнання, системи управління та альтернативні опалювальні системи.

В 2007 році урядами України й Німеччини було започатковано проект українсько-німецького технічного співробітництва «Енергоефективність у будівлях». З 2009 року спільний німецько-український пілотний проект «Енергоефективна забудова» реалізується Німецьким товариством міжнародного співробітництва (GIZ) і Міністерством регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України в рамках Міжнародної ініціативи із захисту клімату Федерального міністерства охорони довкілля та безпеки ядерних реакторів Німеччини.

Німецьке товариство міжнародного співробітництва (GIZ) вирішило на конкретному прикладі продемонструвати переваги нового підходу до енергозбереження.

Будівельним об'єктом пілотного проекту було обрано 21-поверховий будинок №52 на вул. Щербакова в м. Києві. А для впровадження сучасних енергоефективних технологій обрано 16-й поверх будинку.

Заходи з енергоефективності зосереджені на покращенні термічної оболонки будівлі. Завдяки збільшенню товщини теплоізоляції стін до 120 мм, усуненню містків холоду будинок збереже близько 27% кінцевої енергії в порівнянні до подібного нового будинку в Україні. За рахунок GIZ в квартирах «пілотного» поверху встановлені вікна з підвищеним коефіцієнтом опору теплопередачі  $R=1,0 \text{ м}^2\text{K/Вт}$  з двокамерними склопакетами з наповненням із аргону та шестикамерного профілю, застосовано автоматичні сонцезахисні рафштори. Високий рівень ізоляції та покращені вікна зменшать рівень природної вентиляції приміщення через інфільтрацію та відповідно збільшать потребу в штучній вентиляції. Для гарантування постачання свіжого повітря та для запобігання виникненню плісняви в них встановлено децентралізовану систему вентиляції з рекуперацією тепла.

На даху встановлено індивідуальний тепловий пункт для опалення та нагріву води, який складається з геліотермальної установки площею 90 кв.м та чотирьох теплових насосів, джерелом енергії для яких слугує повітря. До нього підключено 16-й поверх будівлі й оснащено лічильниками тепла в кожній квартирі.

Будівництво енергоефективного будинку виходить на заключний етап. Вся будівля буде підключена до мережі централізованого тепlopостачання в 2016 році.

Будівництво з низьким енергоспоживанням на 10-15% дорожче звичайного. За проектом тепловтрати повинні зменшитися на 50%. В опалювальний сезон GIZ проведе моніторинг поверхів (експериментального 16-го і стандартного 15-го) і оприлюднить отримані дані.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Куратор проекту від GIZсподівається, що цей проект зробить для всіх очевидним енергозбереження, в Україні зросте попит на енергоефективні будинки. Архітектор проекту розраховує на те, що ця модель будівництва в Києві стане зразком, на який будуть орієнтуватися інші проєктанти та власники будівельних компаній.

Досвід розвинутих країн і власний досвід України вказує на необхідність державного регулювання процесами енергозбереження та проведення цілеспрямованої державної політики, щоб подібні будівлі в Україні стали стандартом, а модернізація старого житлового фону стала можливою завдяки проведенню цілеспрямованої державної політики.

### **Література**

1. *Бернхард Ш.* Основы энергетического строительства. Обзор опыта Германии и стран Восточной Европы. Перспективы Украины. / *Бернхард Шварц.* – Берлин: Аналитический сборник материалов семинаров Немецкого Общества по международному сотрудничеству (GIZ), 2012.

3. Енергоефективна забудова [Електронний ресурс] // Онлайн газета «Вечірній Київ». 2012. – Режим доступу до газети : <http://www.eveningkiev.com/ua/19020/art/1355217390.html> (11.12.12). – Унікальний поверх.

4. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Пілотний проєкт «Енергоефективна забудова». [Електронний ресурс] / М-во регіон. розвитку та ж-к госп. Укр., М-во екол. та прир. рес-ів Укр. – Київ – Режим доступу : <http://eepp.org.ua>. – Пілотний проєкт.

## **АНАЛИЗ И ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОПЫТА ГЕРМАНИИ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В ЖИЛОМ СЕКТОРЕ**

*Меленчук Л. Т.*

В статье проанализированы причины и меры по энергосбережению в жилищном секторе в Германии, состояние энергетической зависимости жилищного сектора в Украине, возможность использовать опыт Германии в области энергоэффективности в жилищном секторе.

## **ANALYSIS AND EXPERIENCE OF THE USE OF GERMANY ENERGY EFFICIENCY IN RESIDENTIAL SECTOR**

*Lidiia T. Melenchuk*

The article analyzes the causes and measures on energy saving in the residential sector in Germany, the state of the energy dependence of the housing sector in Ukraine, the possibility to use the experience of Germany in the field of energy efficiency in the housing sector.

## СОНЯЧНИЙ ОПАЛЮВАЛЬНИЙ ПРИЛАД ДЛЯ ПАСИВНИХ СОНЯЧНИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ В РЕГІОНАХ З ТРИВАЛОЮ ХМАРНОЮ ПОГОДОЮ

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

*Запропоновано пасивні сонячні опалювальні прилади підвищеного термічного опору з високими теплозахисними властивостями для пасивних сонячних систем опалення в регіонах з тривалою хмарною погодою. Виконано серію фізичних експериментальних досліджень сонячного опалювального приладу. Досліджено вплив геометричних параметрів конструкцій на коефіцієнт теплопередачі.*

**Постановка проблеми.** Для України, як і для усього світу на сьогодні однією із найактуальніших є проблема ресурсозбереження. Вона пов'язана із економічними проблемами, екологічним аспектом, що є одним із найважливіших, та обмеженістю енергоресурсів.

Раціональне використання вторинних і поновлюваних джерел суттєво зменшує споживання енергії і заощаджує природні ресурси та кошти. Сонячна енергія є найрозповсюдженішим потужним поновлюваним енергоресурсом.

На сьогодні сонячна енергетика є недостатньо розвиненою в умовах нашої країни через тривалі хмарні періоди під час опалювального сезону та високу вартість обладнання. Це все обмежує використання сонячних систем, суттєво подовжує їх термін окупності. Доцільною для такого випадку є комбінація активних систем [6 – 7] із системи пасивного використання сонячної енергії та з опаленням на вичерпних енергоресурсах.

Не погіршення теплотехнічних властивостей огорожувальних конструкцій є основною умовою для ефективного використання пасивних сонячних систем на більшості території України з нестійким надходженням сонячної енергії. Використання пасивних сонячних систем покриває всю потребу в теплоті в сонячну погоду, зменшує розмір акумуляторів, дозволяє економити вичерпні енергоресурси, а відповідно тепловтрати в зовнішнє середовище не повинні підвищуватися у хмарну погоду, що може тривати місяцями.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На сьогоднішній день впроваджена та розроблена достатньо велика кількість вискоефективних систем сонячного теплопостачання в тому числі і пасивного [1 – 5]. Але пасивні сонячні опалювальні прилади погіршують теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій і одними із їх основних недоліків є висока собівартість та подовжений термін окупності за хмарних погодних умов нашої країни.

Сезонна акумуляція теплоти використовується при тривалій кількості хмарних днів у холодний період року. Її основна проблема – це значні розміри



навіть твердотільних акумуляторів, що займають об'єм, який може бути рівний кільком кімнатам, цей об'єм може бути використаний як корисна площа.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Метою даної роботи є експериментальне дослідження сонячний опалювальний прилад для пасивних сонячних систем опалення.

**Основна частина.** Нами розроблено та запропоновано пасивні сонячні опалювальні прилади підвищеного термічного опору з високими теплозахисними властивостями (Рис. 1). Глибокий повітряний прошарок обмежений прозорими стінками, поділений вертикальними або нахиленими прозорими перегородками для зменшення конвективної теплопередачі. Нахилені перегородки можуть бути розташовані вгору до холодної поверхні. Це зменшує поглинання світла, але холодна стінка опиняється вище гарячої, що знижує термічний опір. При цьому перегородки мають бути нахилені вгору до теплої поверхні.

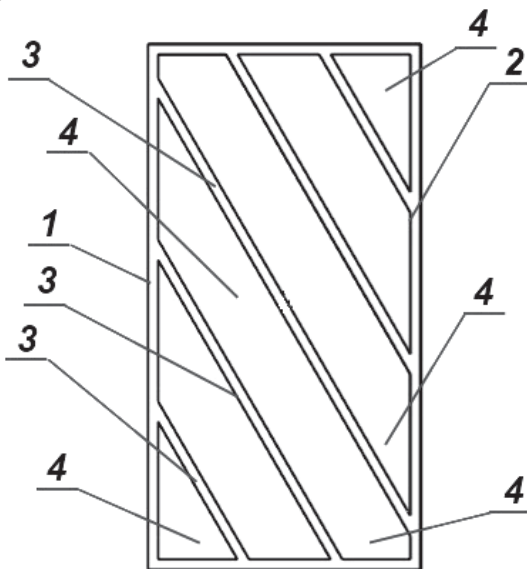


Рис. 1. Пасивний сонячний опалювальний прилад:

1-зовнішня стінка; 2-теплопоглинаючий абсорбер темного кольору; 3-прозорі або частково прозорі перегородки; 4-повітряні прошарки

Для уточнення результатів математичного моделювання було виконано серію фізичних експериментальних досліджень сонячного опалювального приладу для пасивних систем опалення. Задачі звелись до знаходження коефіцієнту теплопередачі.

При виборі експериментальної установки було розглянуто наступні схеми кліматичної камери для проведення досліджень: а) при вимірюванні теплових потоків за допомогою тепломірів; б) за допомогою приставної калориметричної камери [8].

Вимірювання теплових потоків за допомогою тепломірів ґрунтується на усередненні коефіцієнта теплопередачі за точками вимірювання тепломірами. Запропонований прилад має значні відмінності коефіцієнта теплопередачі в різних точках.

У світлопрозорих конструкціях з нахиленими перегородками, завдяки діленню простору на нахилені секції коефіцієнт теплопередачі розподіляється нерівномірно за площею. Це є однією з основних особливостей даних світлопрозорих конструкцій пасивного сонячного опалення і є однією з основних проблем наших досліджень. Для її реалізації необхідні кілька десятків точок вимірювання. Тому була віддана перевага схемі кліматичної камери з приставним калориметром. Це дозволило безпосередньо виміряти усереднений коефіцієнт теплопередачі або термічний опір.

Створена експериментальна установка (Рис. 2) [8] – кліматична камера з приставним калориметром. Методи визначення опору теплопередачі досліджуваних моделей полягають у створенні сталого теплового потоку  $Q$ , Вт, вимірюванні температури поверхонь моделей  $T_1$ , К та  $T_2$ , К, і з подальшими розрахунками значень коефіцієнта теплопередачі  $k$ .

$$k = Q / (K \cdot A \cdot (T_1 - T_2)), \text{ Вт/}(\text{м}^2\text{К}) \quad (1)$$

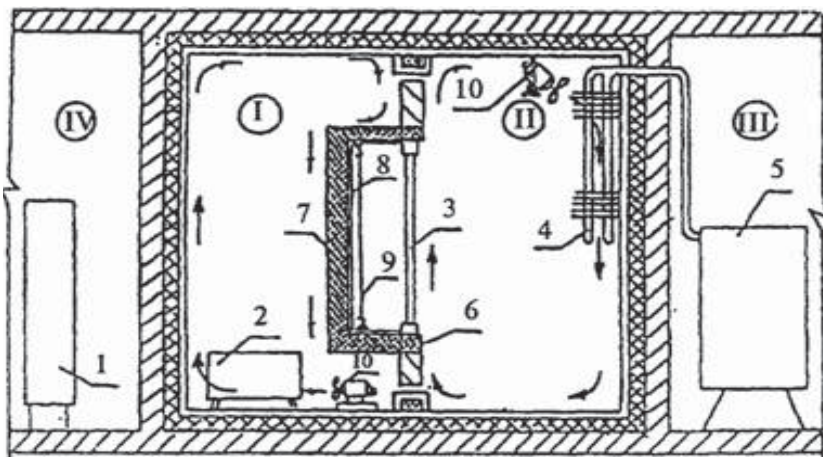


Рис.2. Експериментальна установка - кліматична камера з приставним калориметром:

- I — тепле відділення камери; II — холодне відділення; III, IV — приміщення із вимірювальними приладами; 1 — система автоматичного збору даних; 2 — нагрівальні прилади; 3 — досліджуваний пасивний опалювальний прилад; 4 — випарник; 5 — холодильна установка; 6 — теплоізоляційний шар по периметру прорізу; 7 — калориметр (утеплення приставна камера); 8 — металева відзеркалююче покриття; 9 — нагрівник, рівномірно розподілений по площі калориметра; 10 — вентилятор

Виконано серію експериментальних досліджень термічного опору сонячних опалювальних приладів для оптимізації геометричних розмірів. Товщина моделей прийнята 50 мм. Результати експериментального визначення коефіцієнта теплопередачі (Рис. 3) показали, що найбільш ефективними є моделі з вертикальною відстанню між перегородками 1/6 висоти. Коефіцієнт теплопередачі моделей в яких перегородки розташовані вниз до гарячої поверхні орієнтовно більший у двічі за коефіцієнт теплопередачі при протилежному розташуванні перегородок. Зменшення кута нахилу та відстані між перегородками знижує коефіцієнт теплопередачі, але при цьому збільшується кількість перегородок, що здорожчує конструкцію та робить її важчою.

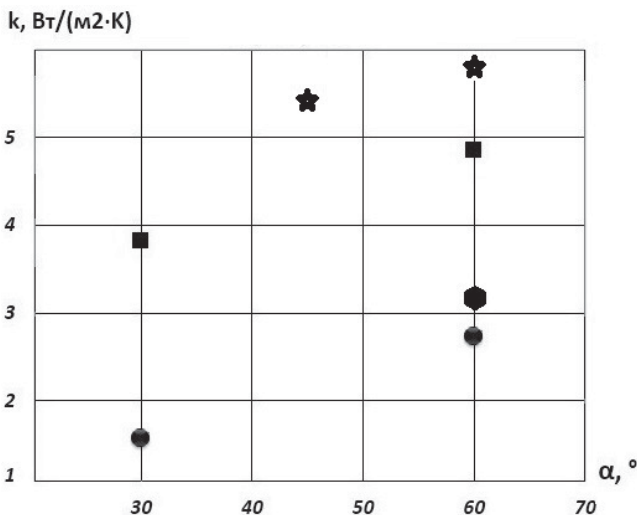


Рис. 3. Результати експериментального визначення коефіцієнта теплопередачі:  
 круг – перегородки розташовані вниз до холодної поверхні, вертикальна відстань між перегородками дорівнює 1/6 висоти моделі;  
 квадрат – перегородки розташовані вниз до гарячої поверхні, вертикальна відстань між перегородками дорівнює 1/6 висоти моделі;  
 зірка – перегородки розташовані вниз до гарячої поверхні, вертикальна відстань між перегородками дорівнює 1/6 висоти моделі;  
 шестикутник – значення коефіцієнта теплопередачі  $k$  для моделі 60 градусів, що розташована вниз до холодного відділення камери, вертикальна відстань між перегородками дорівнює 1/3 висоти моделі.

У процесі подальшої роботи планується широке впровадження отриманих систем пасивного використання сонячної енергії на більшості території України та за її межами для будівель різного призначення.

## Висновки

1. Для регіонів з довготривалою хмарною погодою та недостатньою кількістю сонячних днів для повноцінного опалення будівель доцільна

комбінація пасивного сонячного опалення та опалення на вичерпних енергоресурсах. Це дозволяє заощадити вичерпні енергоресурси під час сонячної погоди.

2. Для умов тривалої хмарної погоди необхідно застосовувати системи пасивного використання сонячної енергії високого термічного опору, що досягає опору зовнішньої непрозорої частини теплозахисної оболонки будівель.

3. Найбільш ефективними є моделі з вертикальною відстанню між перегородками 1/6 висоти. Коефіцієнт теплопередачі моделей в яких перегородки розташовані вниз до гарячої поверхні орієнтовно більший у двічі за коефіцієнт теплопередачі при протилежному розташуванні перегородок. Зменшення кута нахилу та відстані між перегородками знижує коефіцієнт теплопередачі, але при цьому збільшується кількість перегородок, що здорожчує конструкцію та робить її важчою.

## Література

1. *Афанасьева О. К.* Архитектура малоэтажных жилых домов с возобновляемыми источниками энергии. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата архитектуры / *О. К. Афанасьева*. – М. : МАРХИ, 2009 г. – 149 с.

2. *Гужулев В. В.* Основы современной малой энергетики. Том 3. Учеб. пособие: в 3 т. / *Э. П. Гужулев, В. В. Шалай, А. Н. Лямин, А. Б. Калистратов*. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2006. – Т.3. – 528 с.

3. *Габриель И.* Реконструкция зданий по стандартам энергоэффективного дома / *И. Габриельбб, Х. Ладенер*. – СПб. : БХВ-Петербург, 2011. – 480 с. : ил.

4. *Виссарионов В. И.* Солнечная энергетика / *В. И. Виссарионов, Г. В. Дерюгина*. – М. : Издательский дом МЭИ, 2008, 276 с.

5. *Казаченко С. В.* Солнечная энергетика в Крыму. Методическое пособие для специалистов и всех интересующихся проблемами использования солнечной энергии / *С. В. Казаченко, С. А. Кибовский и др.* – Киев-Симферополь, 2008. – 201 с.

6. *Любарець О. П.* Сонячний колектор (Варіанти). / *О. П. Любарець, В. О. Мілейковський, О. Ю. Шуваєва* // Деклараційний патент України на винахід № 100523 UA МПК (2013.01) F 24 J 2/04 (2006.01) F 04 B 23/00.

7. *Любарець О. П.* Сонячний колектор / *О. П. Любарець, В. О. Мілейковський, О. Ю. Шуваєва* // Деклараційний патент України на винахід №98800 UA МПК (2013.01) F 24 J 2/24 (2006.01).

8. ГОСТ 26602.1 – 99. Группа Ж39. Межгосударственный стандарт. Блоки оконные и дверные. Методы определения сопротивления теплопередаче. Москва, 1999 г.

## **СОЛНЕЧНЫЙ ОТОПИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ ПАСИВНЫХ СОЛНЕЧНЫХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ В РЕГИОНАХ С ДЛИТЕЛЬНОЙ ОБЛАЧНОЙ ПОГОДОЙ**

*Милейковский В. А., Шуваева О. Ю.*

Предложены пассивные солнечные отопительные приборы повышенного термического сопротивления с высокими теплозащитными свойствами для пассивных солнечных систем отопления в регионах с длительной облачной погодой. Выполнена серия физических экспериментальных исследований солнечного отопительного прибора. Исследовано влияние геометрических параметров конструкции на коэффициент теплопередачи.

## **SUNNY HEATING DEVICE FOR PASSIVE SUNNY SYSTEMS HEATING IN REGIONS WITH THE PROTRACTED CLOUDY WEATHER**

*V. Mileikovskiy, O. Shuvaeva*

The passive sunny heating devices of an increase thermal resistance are offered with high heatcover properties for the passive sunny systems of heating in regions with the protracted cloudy weather. The series of physical experimental researches of sunny heating device are executed. Influence of geometrical parameters of construction is investigated of the coefficient of heat transfer.

## ВПЛИВ СКЛАДУ БІОГАЗУ НА ПОКАЗНИКИ ГОРІННЯ

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

*Розглянуті основні результати досліджень в галузі виробництва біогазу за останній час. Проведено розрахунковий аналіз показників горіння біогазу в залежності від його складу. Проведена робота спрямована в бік розгляду питань, пов'язаних з ефективністю та безпекою використання біогазу.*

**Постановка проблеми.** Використання біогазу є важливою складовою сталого розвитку сільської території України. Біогаз без сумніву є місцевим паливом, але з наукової точки зору його використання є міжгалузевою задачею. Розглядаючи проблему виробництва та використання біогазу слід зазначити, що його виробництво відноситься до сільського господарства та біотехнології, обробка – до хімічної технології, а споживання та розміщення на місцевості – до будівництва, газопостачання та енергетики. Незважаючи на те, що біогаз містить у своєму складі значний відсоток метану (50...70 %), ДБН В.2.5-20-2001 «Газопостачання» визначає, що дані норми не поширюються на газопроводи та газове обладнання підприємств та установок, що використовують біогаз. Так саме і НПАОП 0.00-1.76-15 «Правила безпеки систем газопостачання» визначають що ці Правила не встановлюють вимог до обладнання підвищеної небезпеки виробництва біогазу. Такий стан справ має декілька причин і у тому числі пов'язаний з тим що склад біогазу може варіюватися у широкому діапазоні значень його складових та суттєво залежить від сировини, біотехнології виробництва біогазу, експлуатаційних параметрів роботи установки, технології обробки і використання отриманого біогазу. Саме аналіз складу біогазу, як палива, що спалюється в газових приладах або енергетичних пристроях є дуже важливим, оскільки це є кінцевою метою його виробництва.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В роботі [1] наводяться дані, що середній склад газу, який можливо отримати з гною тварин при оптимальній температурі бродіння 34°C відповідає співвідношенню  $\text{CH}_4/\text{CO}_2=2$ . В цій же роботі приводиться можливий склад газу в наступному вигляді:

$\text{CH}_4 = 55...70 \%$ ,  $\text{CO}_2 = 27...44 \%$ ,  $\text{H}_2 < 1 \%$ ,  $\text{H}_2\text{S} < 3 \%$ .

В роботі [2] стверджується, що рівень баластових домішок знаходиться у біогазі на рівні 50 %, і до компонентів біогазу відносять:

$\text{CH}_4 = 50...70 \%$ ,  $\text{CO}_2 = 25...45 \%$ ,  $\text{H}_2 < 3 \%$ ,  $\text{H}_2\text{S} < 3 \%$ .

Баластові домішки заважають використанню газу, є шкідливими для обладнання, трубопроводів та газгольдерів. Автори [2] згадують також про отруйність та велику корозійну здатність неочищеного біогазу.

В роботі [3] можна знайти дані по складу біогазу зі співвідношенням

$\text{CH}_4 = 50...87 \%$ ,  $\text{CO}_2 = 13...50 \%$ .

Вміст метану в біогазі в першу чергу залежить від сировини. У випадку твердих побутових відходів – вміст метану найменший (50%). Біогаз з гною КРХ дає вміст метану на рівні 60%. Біогаз з певних видів рослин може містити до 70% метану. Біогаз з жирів може містити 87% метану.

Найбільш сучасне і авторитетне дослідження виробництва та використання біогазу [4] дає дані щодо складу біогазу в залежності від його походження. Для біогазу з полігонів твердих побутових відходів (ТПБ):

$\text{CH}_4 = 35 \dots 65 \%$ ,  $\text{CO}_2 = 15 \dots 50 \%$ ,  $\text{H}_2 = 0 \dots 3 \%$ ,  $\text{N}_2 = 5 \dots 40$ ,  $\text{O}_2 = 0 \dots 5 \%$ ,  $\text{H}_2\text{S} = 0 \dots 100 \text{ ppm}$ ,  $\text{NH}_3 = 5 \text{ ppm}$ ,  $\text{Cl}^- = 20 \dots 200 \text{ мг/м}^3$ , домішки сілоксану та пилу.

Для біогазу з гною:

$\text{CH}_4 = 53 \dots 70 \%$ ,  $\text{CO}_2 = 30 \dots 47 \%$ ,  $\text{H}_2 = 0 \%$ ,  $\text{H}_2\text{S} = 0 \dots 10000 \text{ ppm}$ ,  $\text{NH}_3$  - до 100 ppm.

Все це підтверджує, що склад біогазу є дуже варіативним, а його компоненти є чинниками, що впливають на теплотехнічну якість газу та на довговічність обладнання, з якого складається система споживання біогазу.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Дослідити паливні властивості біогазу в залежності від його складу.

**Основна частина.** Оскільки біогаз є енергоносієм, то першим питанням його використання є погодження виробництва та споживання. Існує декілька основних різновидів споживання біогазу (в залежності від обсягів продукування біогазу та обсягів інвестування в необхідне обладнання). Якщо великий виробник біогазу знаходиться поруч з існуючою газовою мережею, найбільш досконалий спосіб (при наявності відповідних стандартів та дозволів) – це отримання повністю очищеного метану з біогазу та подача його в газопровідну мережу. У випадку відсутності практики подавання біометану у газопровідну мережу або можливостей повної очистки, біогаз (після часткового очищення) може спалюватися в електрогенераторі (або в когенераторі), який може постачати електричний струм в загальну мережу на умовах зеленого тарифу. Окрема група споживання – дрібні індивідуальні споживачі з найменшими обсягами виробництва та споживання. В цьому випадку між метантенком і газовими приладами знаходяться невеликі проміжні ємності, які (в невеликих межах) вирівнюють виробництво та споживання біогазу у часі. У випадку відсутності споживання виробництво біогазу необхідно припиняти, або втрачати надлишок біогазу.

На сьогодні найбільш розповсюдженим споживанням біогазу є його спалювання в газових приладах, котлах та електрогенераторах, що розташовуються на невеликій відстані від біогазової установки. В цих випадках достатньо контролювати концентрацію сірководню, аміаку надмірної вологи, сілоксанів та пилу. А ось вміст діоксиду вуглецю необхідно враховувати при виборі пристроїв, в яких буде спалюватися біогаз. Вміст діоксиду вуглецю в суміші з метаном впливає на наступні паливні показники біогазу: вища та нижча теплота згорання, число Воббе, необхідна кількість повітря для спалювання, кількість продуктів згорання, температури горіння біогазу (жаропродуктивність, калориметрична, теоретична та дійсна температура).

Вміст діоксиду вуглецю буде також змінювати термічний ККД в циклах перетворення теплоти в роботу.

Розглянемо суміш метану і діоксиду вуглецю в якості біогазу і порахуємо, як співвідношення цих складових буде впливати на основні показники горіння. На рис.1 та 2 наведено результати розрахунків нижчої теплоти згорання модельної суміші біогазу в залежності від вмісту метану. Розрахунок демонструє, що теплота згорання суміші є недостатньою в порівнянні з вимогами до природного газу в мережах газопостачання (мін 31800 кДж/м<sup>3</sup>). Але порівняння теплоти згорання модельної суміші біогазу (рис. 1, рис. 2) з іншими горючими газами (табл.1) демонструє задовільні паливні якості біогазу.

На рис.3 наведено результати розрахунку вищого числа Воббе для модельної суміші біогазу. В порівнянні з вимогами до вищого числа Воббе для природних газів в мережах газопостачання (41,2 ... 54,5 МДж/м<sup>3</sup>) діапазон значень біогазу (18,1 ...31,1) є суттєво відмінним. В той же час жаропродуктивність біогазу (рис.4) знаходиться на задовільному рівні.

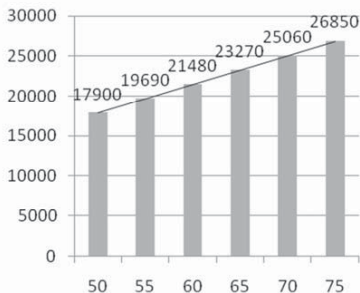


Рис. 1. Залежність нижчої теплоти згорання суміші CH<sub>4</sub> та CO<sub>2</sub>, кДж/м<sup>3</sup>, від вмісту метану, % (при 0 °C та 101,3 кПа)

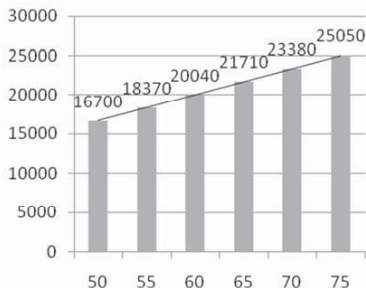


Рис. 2. Залежність нижчої теплоти згорання суміші CH<sub>4</sub> та CO<sub>2</sub>, кДж/м<sup>3</sup>, від вмісту метану, % (при 20 °C та 101,3 кПа)

Таблиця 1

#### Характеристика деяких штучних горючих газів [5]

Джерело горючого газу	Нижча теплота згорання газу, кДж/м <sup>3</sup>	Густина газу, кг/ м <sup>3</sup>
Високотемпературна перегонка кам'яного вугілля	16000 ... 17100	0,44 ... 0,49
Високотемпературна перегонка сланців	15600	0,8
Доменна піч	3800	1,3
Газифікація кускового палива	5000 ... 6150	1,12 ...1,2



З проведених розрахунків числа Воббе випливає, що газові прилади в яких буде відбуватися спалювання біогазу повинні відповідати його властивостям.

Але існуючі стандарти [6, 7] з вимогами до біогазових установок зосереджені в основному на обладнанні для отримання біогазу і не містять вказівок стосовно безпечного і ефективного спалювання.

Фахівці в галузі газопостачання знають стандарт [8], який встановлює класифікацію газових приладів по різновидам газів, які використовуються. Але діапазон варіювання числа Воббе для біогазу в залежності від його складу (рис. 3) лише частково співпадає з газом 1-ї сім'ї (група А – число Воббе 22,4 ... 24,8 МДж/м<sup>3</sup>).

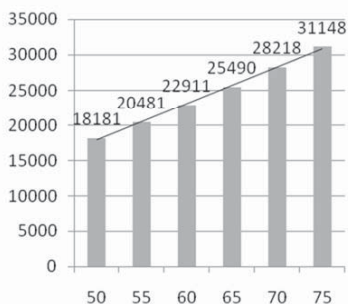


Рис. 3. Залежність числа Воббе (вищого) біогазу, кДж/м<sup>3</sup>, від вмісту метану, % (при 20 °С та 101,3 кПа)

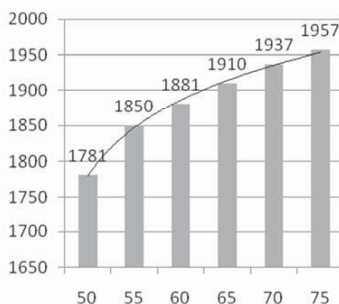


Рис. 4. Залежність жаропроодуктивності біогазу, °С, від вмісту метану, %.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Показники горіння біогазу показують, що це газове паливо має гарні перспективи. Але, в зв'язку з широкою варіативністю складу біогазу, розвиток безпечного та ефективного використання біогазу потребує: 1) стандартизації технологій та методів виробництва біогазу з прив'язкою до складу біогазу; 2) стандартизації методів обробки біогазу в залежності від способу споживання; 3) стандартизації газових приладів та енергетичного обладнання, призначених для спалювання біогазу.

## Література

1. Баадер В. и др. Биогаз: теория и практика / В. Баадер и др. – М. : Колос, 1982. – 148 с.
2. Ратушняк Г. С. та ін. Энергозберегаючі відновлювальні джерела теплопостачання / Г. С. Ратушняк та ін. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 170 с.
3. Каишаров А. П. Современные био-, бензо-, дизель-генераторы и другие полезные конструкции / А. П. Каишаров. – М. : ДМК Пресс, 2011. – 136 с.

4. *Гелетуха Г. Г. та ін.* Перспективи виробництва та використання біометану в Україні / *Г. Г. Гелетуха* // Аналітична записка БАУ №11. БАУ, 2014 – 42 с.
5. *Стаскевич Н. Л. и др.* Справочник по газоснабжению и использованию газа / *Н. Л. Стаскевич и др.* – Л. : Недра, 1990. – 762 с.
6. ДСТУ 4516:2006. Енергоощадність. Поновлювальні джерела енергії. Установки біогазові. Загальні технічні умови.
7. ДСТУ 7014:2009. Установки біогазові присадибні. Загальні технічні умови.
8. EN 437:2003. Test gases – test pressures – Appliances categories.

## **ВЛИЯНИЕ СОСТАВА БИОГАЗА НА ПОКАЗАТЕЛИ ГОРЕНИЯ**

***Мойсеенко В. В.***

Рассмотрены основные результаты исследований в области производства биогаза за последнее время. Проведен расчетный анализ показателей горения биогаза в зависимости от его состава. Исследование направлено в сторону вопросов, связанных с эффективностью и безопасностью использования биогаза.

## **INDICES OF COMBUSTION FOR VARIOUS COMPOSITION OF BIO GAS**

***V. Moiseienko***

Main results of bio gas researches are considered. Indices of combustion are scrutinized depending on bio gas composition. Realized exploration aims at questions to improve efficiency and safety of bio gas utilization.

## ДОСЛІДЖЕННЯ СУМІСНОЇ РОБОТИ СПОРУД З РЕГУЛЬОВАНИМИ ТА НЕРЕГУЛЬОВАНИМИ НАСОСАМИ В БЕЗБАШТОВИХ СИСТЕМАХ ВОДОПОСТАЧАННЯ

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

*В статті досліджено різні випадки роботи безбаштової водопровідної системи з регульованими та нерегульованими насосами, проаналізовано особливості паралельної роботи різнотипних насосів, наведено залежності для визначення показників роботи насосних агрегатів, розглянуто ефективність застосування частотних перетворювачів в системах водопостачання.*

**Постановка проблеми.** Дослідження роботи діючих систем водопостачання свідчать, що в населених пунктах з часом змінюються норми і режими водоспоживання, а також характеристики водопровідних споруд, що призводить до створення надлишкових тисків в мережі та зростання її аварійності, виникнення протиріч між проектними та реальними експлуатаційними даними роботи системи водопостачання, незабезпечення споживачів потрібними витратами і напорами води. У багатьох випадках робота насосів перебуває поза межами їх рекомендованого застосування, тобто з низькими ККД і високим рівнем енергоспоживання, а тому значна частина діючого насосного обладнання в Україні потребує заміни чи реконструкції.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Серед складових, що формують собівартість води на комунальних підприємствах, зазвичай найбільшу частку становлять витрати за споживану електроенергію. Таким чином, важливим завданням у даний час є забезпечення ефективного функціонування насосних станцій, які б задовольняли розрахункові потреби у воді споживачів з мінімальними енерговитратами. Досягти цього можна шляхом дослідження і розрахунку різних можливих варіантів роботи регульованих і нерегульованих насосів та визначення доцільних режимів і показників їх експлуатації при зміні водоспоживання.

Найбільш складні ситуації виникають при сумісній роботі споруд безбаштових систем водопостачання в умовах зниження водозабору. В результаті застосування застарілого обладнання та нерационального використання насосних агрегатів спостерігається надлишковий тиск в трубопроводних лініях, а через велику зношеність інженерних комунікацій фіксується значна кількість аварійних ситуацій. При цьому здійснюється значна перевитрата електроенергії, що в умовах невпинного зростання її вартості призводить до суттєвого збільшення експлуатаційних затрат комунальних підприємств, зростання собівартості води та підвищення тарифів для споживачів.

**Формування цілей та завдання статті.** Для вирішення цих проблем необхідно забезпечити енергоощадну сумісну роботу водопровідних споруд в системі водопостачання. Це можна досягнути шляхом реконструкції насосних станцій, встановлюючи на них сучасні насоси з частотними перетворювачами та визначаючи оптимальні робочі параметри насосних агрегатів, що при розрахункових значеннях подачі і напору води забезпечать мінімальні показники енергоспоживання.

**Основна частина.** Для прикладу розглянемо різні випадки сумісної роботи нерегульованого та регульованого насоса і трубопровідної системи в безбаштовій водопровідній мережі (рис. 1).

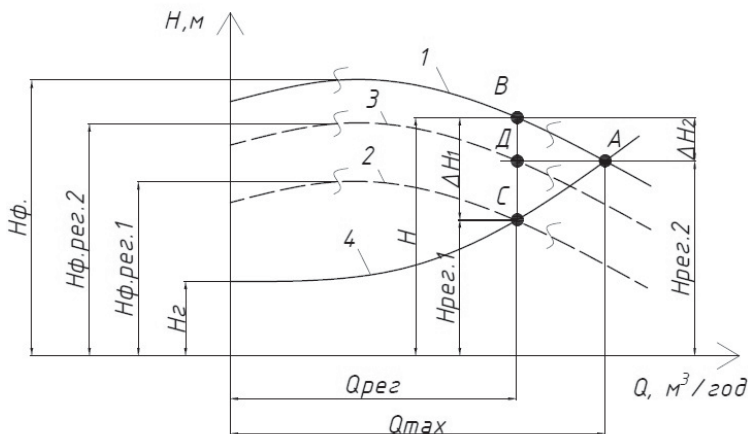


Рис.1. Графіки сумісної роботи гідралічно взаємодіючих споруд:  
 1 – характеристика  $Q$ - $H$  нерегульованого насоса; 2 – те ж, регульованого насоса;  
 3 – те ж, регульованого насоса при  $H_p = \text{const}$ ;  
 4 – трубопровідної системи

Робочою точкою сумісної роботи споруд водопровідної системи буде точка  $A$ , що утворена при перетині ліній 1 та 4 характеристик насоса і трубопроводів.

Використовуючи значення аналітичних характеристик  $H_\phi$  та  $S_\phi$  з графіка 1, напір насоса  $H$ , м, при зміні витрати  $Q$  можна визначити з рівняння [2]:

$$H = H_\phi - S_\phi Q^2. \quad (1)$$

Графік 4 будують, знаючи величину узагальненого гідралічного опору водопровідної системи  $S_y$  (комунікацій насосної станції, водоводів і мереж) та геометричну висоту водопідйому  $H_z$ . Потрібний напір насоса, м, для забезпечення в диктуючій точці мережі розрахункового тиску при зміні водоспоживання  $Q$  визначають за формулою:

$$H = H_z + S_y Q^2. \quad (2)$$

Максимальна подача насоса при розрахунковому напорі  $H_p$ , необхідному для підтримання потрібного вільного напору в диктуючій точці в години найбільшого водоспоживання з мережі, становитиме  $Q_{max}$  (рис. 1). При зменшенні водорозбору до величини  $Q_{рег}$  нерегульований насос створить в системі надлишковий напір величиною  $\Delta H_I$ , а робоча точка зміститься в положення  $B$ . У цьому випадку, окрім збільшення витоків і зростання загрози створення аварійних ситуацій на мережі і водоводах, на насосній станції спостерігаються значні перевитрати електроенергії.

Як відомо, потужність, що споживається на валу нерегульованого насоса, кВт, можна визначити за формулою:

$$N = \frac{QH}{102\eta}, \quad (3)$$

де  $Q$ ;  $H$  і  $\eta$  – відповідно подача, л/с, напір, м, і ККД, в долях одиниці, даного насоса.

Щоб усунути надлишкові напори при зменшенні водоспоживання з мережі в системах водопостачання дедалі ширше почали застосовувати частотне регулювання насосів шляхом зміни частоти обертання їх робочих коліс, що здійснюють за допомогою встановлених на насосних станціях частотних перетворювачів струму.

У разі регулювання досліджуваний насос (рис. 1) при подачі води  $Q_{рег}$  створив би в системі напір  $H_{рег.1}$ , гідравлічна характеристика насоса  $Q-H$  зайняла б положення 2 з робочою точкою  $C$ . При цьому в диктуючій точці мережі було б забезпечено потрібний вільний напір при значно меншому енергоспоживанні.

У такому випадку частоту обертання робочого колеса регульованого насоса,  $хв^{-1}$ , можна визначити за формулою:

$$n_{рег} = n \sqrt{\frac{H_{ф.рег}}{H_{ф}}} = n \sqrt{\frac{H_{ф} - \Delta H}{H_{ф}}}, \quad (4)$$

де  $n$  – частота обертання робочого колеса насоса за каталогом (нерегульованого),  $хв^{-1}$ ;  $H_{ф}$  і  $H_{ф.рег}$  – аналітична напірна характеристика насосу при нульовій подачі, м;  $\Delta H$  – надлишковий напір насоса, м.

Подачу і напір регульованого насоса визначають, користуючись залежностями:

$$Q_{рег} = Q \left( \frac{n_{рег}}{n} \right); \quad (5)$$

$$H_{рег} = H \left( \frac{n_{рег}}{n} \right)^2. \quad (6)$$

При відомому значенні подачі величиною  $Q_{рег}$ , що дорівнює водоспоживанню з мережі, споживана на валу регульованого насоса потужність, кВт, визначається за формулою:

$$N_{рег} = N \left( \frac{n_{рег}}{n} \right)^2 = N \left( \frac{H_{ф} - \Delta H}{H_{ф}} \right). \quad (7)$$

Враховуючи, що водоспоживання протягом доби весь час змінюється, то це призводить до зміни потрібних показників як витрати, так і напору насоса. Регулювати насоси за цими двома показниками дуже складно, а тому на насосних станціях, як правило, регулювання насосів здійснюють, приймаючи постійним значення розрахункового напору ( $H_p = \text{const}$ ), визначеного для  $Q_{\max}$ .

У цьому випадку при подачі  $Q_{\text{рег}}$  і напорі  $H_p = H_{\text{рег.2}}$  характеристика насоса (рис. 1) займе положення 3, робочою буде точка Д, надлишковий напір знизиться на величину  $\Delta H_2$ , а споживана на валу насоса потужність визначатиметься за формулою:

$$N_{\text{рег}} = N \left( \frac{n_{\text{рег}}}{n} \right) = N \sqrt{\frac{H_{\phi} - \Delta H}{H_{\phi}}} . \quad (8)$$

Користуючись вищенаведеними залежностями, можна визначати необхідні робочі параметри насосів при зменшенні водоспоживання та аналізувати результати розрахунків енергоспоживання при роботі регульованих та нерегульованих насосів.

В безбаштових системах водопостачання для забезпечення ефективної роботи насосних станцій при різних режимах водоспоживання доволі часто застосовують різнотипні насоси. При цьому, враховуючи, що встановлення частотно-регульованого електроприводу є досить дорогим заходом, для економії коштів у разі реконструкції насосної станції іноді встановлюють один електропривод на групу з 2-3 насосів [5]. Проте практика експлуатації свідчить, що в цьому випадку можуть виникати кавітаційні процеси, підвищуються динамічні навантаження на підшипники і вали насосів, зменшується ККД і зрештою знижується енергоефективність роботи системи в цілому. Дослідження показали [1, 3 – 6], що при такій схемі нерідко насос з частотним регулюванням опиняється в неприпустимій робочій області, в результаті чого фіксуються нерівномірні додаткові шуми і вібрація, яка викликає передчасне зношування деталей насоса і вихід його з ладу. Такі процеси особливо характерні для області низької продуктивності насоса в разі, коли напірна характеристика має від'ємний нахил.

Розглянемо паралельну роботу різнотипних насосів на такому прикладі (рис. 2). У випадку, коли водорозбір в системі  $Q_c$  незначно перевищує максимальну подачу нерегульованого насоса  $Q_{\delta.1}$ , подача іншого регульованого насоса  $Q_{\text{м.1}}$  може при заданому розрахунковому напорі  $H_p$  опинитися поза межами рекомендованого застосування, а в разі перебування робочої точки на низхідному проміжку кривої 5 буде спостерігатися нестабільна робота насоса, що призшидшує спрацювання його деталей. Тому при реконструкції насосних станцій бажано передбачати частотне регулювання для всієї групи встановлених насосів і при установці режимів роботи забезпечувати подачу кожного насоса (рис. 2) в його робочому діапазоні ( $Q_{\delta.2}$  і  $Q_{\text{м.2}}$ ), що сприяє безперебійному функціонуванню агрегатів з високими показниками ККД.

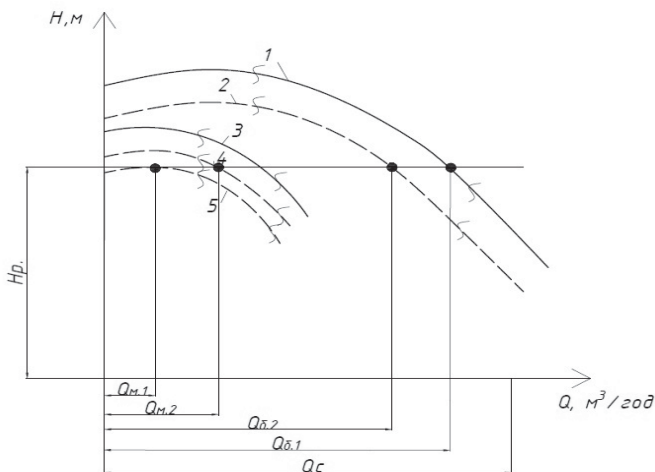


Рис.2. Графічні характеристики  $Q$ - $H$  двох різнотипних відцентрових насосів:  
 1 – більшого нерегульованого насоса; 2 – те ж, регульованого;  
 3 – меншого нерегульованого насоса; 4, 5 – те ж, регульованого

Як показали дослідження, проведені на діючих водопровідних системах [1, 5], регулювання насосів дозволяє знизити споживання електроенергії в середньому на 25-30%, що значно зменшує експлуатаційні витрати комунальних підприємств.

Слід пам'ятати, що при дослідженні сумісної роботи насосів необхідно обов'язково перевіряти чи знаходиться подача кожного працюючого насоса в зоні його рекомендованого застосування. Досліджуючи різні можливі варіанти роботи насосної станції при кожному розрахунковому значенні водоспоживання, можна встановити оптимальний режим та робочі показники насосів, при яких забезпечується найменше споживання електроенергії.

Таким чином, оптимізувавши роботу насосної станції в безбаштовій водопровідній системі та автоматизувавши процеси управління залежно від зміни водоспоживання протягом доби, можна забезпечити розрахункові напори в диктуючих точках мережі та витрати води на потреби населеного пункту з мінімальним енергоспоживанням.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Зміна норм і режимів водоспоживання в населених пунктах та характеристик водопровідних споруд гідравлічної взаємодії протягом тривалої експлуатації призводять до ситуації, коли частина споживачів не забезпечується потрібними витратами і напорами води, а робота діючого насосного обладнання перебуває поза межами рекомендованого застосування, тобто з низькими ККД і високим енергоспоживанням. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є реконструкція насосних станцій, встановлення насосів із частотним регулюванням та автоматизація процесів управління водопровідною системою.

Представлені залежності дозволяють визначати параметри роботи регульованих та нерегульованих насосів, аналізувати результати розрахунків системи при різних можливих варіантах експлуатації споруд та визначати оптимальні режими роботи різнотипних насосних агрегатів з найменшим енергоспоживанням. Застосування частотного регулювання насосів та підбір економічно доцільних режимів їх роботи дають можливість знизити споживання електроенергії на водопровідних насосних станціях в середньому на 25-30%.

## Література

1. *Хомутецька Т. П.* Способи енергозбереження у водопостачанні / *Т. П. Хомутецька* // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: наук.-техн. зб. Вип.24. – К.: КНУБА, 2014. – С.257–264.
2. *Хоружий П. Д.* Расчет гидравлического взаимодействия водопроводных сооружений / *П. Д. Хоружий.* – Львов : Вища школа, изд-во при Львов. ун-те, 1983. – 152с.
3. *Лезнов Б. С.* Работа центробежных насосов с переменной частотой вращения / *Б. С. Лезнов, С. В. Воробьев* // Водоснабжение и санитарная техника, 2012, №9. С.48–56, №11. – С.44 – 49.
4. *Багаев Ю. Г.* Параллельная работа насоса с частотно-регулируемым электроприводом / *Ю. Г. Багаев, Н. В. Карпов, А. П. Усачев* // Водоснабжение и санитарная техника, 2014, №4. – С.38–41.
5. *Шкінь О. М.* Шляхи енергозбереження в системах господарсько-питного водопостачання на прикладі Чернігівського водопроводу / *О. М. Шкінь Т. П. Хомутецька, П. Д. Хоружий* // Водне господарство України, № 2 (104), 2013. – С. 18–22.
6. *Никитин А. М.* Особенности частотного регулирования параллельно работающих насосов / *А. М. Никитин, А. В. Балыгин, Г. И. Шустова., И. М. Яковлев* // Водоснабжение и санитарная техника, 2014, №4. – С.42–44.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ СООРУЖЕНИЙ С РЕГУЛИРУЕМЫМИ И НЕРЕГУЛИРУЕМЫМИ НАСОСАМИ В БЕЗБАШЕННОЙ СИСТЕМЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

*Мосейчук Я. Б., Хомутецкая Т. П.*

В статье исследованы различные случаи работы безбашенной водопроводной системы с регулируемыми и нерегулируемыми насосами, проанализированы особенности параллельной работы разнотипных насосов, приведены зависимости для определения показателей работы насосных агрегатов, рассмотрена эффективность применения частотных преобразователей в системах водоснабжения.



## **RESEARCH COMPATIBLE OF STRUCTURES WITH ADJUSTABLE AND UNREGULATED PUMPS IN THE WATER SUPPLY WITHOUT TOWER**

*Yaroslava B. Mosiichuk, Tetiana P. Khomutetska*

The article examined various cases of regulated and unregulated water supply pumping station units. It was analyzed the peculiarities of parallel operation due to the different types of pumps. It was show the dependences to determine the performance the performance of pumping units. Efficiency of frequency converters in water system was researched.

## ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЇ УСПЕНСЬКОГО СОБОРУ КИЄВО-ПЕЧЕРСЬКОЇ ЛАВРИ

*Корпорація «Укрреставрація», м. Київ, Україна*

*В статті описується система старого водяного опалення і вентиляції Успенського собору Києво-Печерської Лаври. Аналізується принцип його роботи, матеріали досліджень в процесі археологічних розкопок. Наведено архівні креслення і сучасні фотографії.*

**Постановка проблеми.** Проблема дослідження інженерних мереж в старих будівлях Києва пов'язана з браком повної інформації і недостатньою кількістю публікацій, присвячених централізованому опаленню історичних будівель.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Найбільш ґрунтовними з цього питання є публікації О. В. Сіткарьової, однак і в них про специфіку централізованого опалення Успенського собору повідомляється в загальному контексті історії собору. Всі інші джерела, в яких висвітлено специфіку централізованого опалення Успенського собору – це переважно акти про здійснення ремонтів, висновки комісій, а також результати археологічних досліджень залишків системи опалення та вентиляції, здійснених в післявоєнні роки.

### **Постановка задачі:**

- проаналізувати принципи роботи опалення та вентиляції Успенського собору протягом різних періодів;
- довести, чим відрізнявся принцип роботи системи опалення в результаті проведених додаткових оснащень;
- навести архівні описи систем опалення та вентиляції Успенського собору;
- доповнити архівні джерела результатами натурних археологічних обстежень Успенського собору в післявоєнні роки і в наш час;
- аргументувати, що наприкінці XIX століття в Києві існували технічні можливості і кваліфіковані фахівці для влаштування систем опалення і вентиляції соборів, підкреслити, що саме в цей період не лише житлові будинки, громадські будівлі, а й храми потребували досконалого інженерного обладнання.

**Основна частина.** Поглиблення знань про інженерне обладнання історичних будівель України різного функціонального призначення сприятиме більш об'єктивному сприйняттю архітектури нашої країни, про фаховий рівень не лише архітекторів і цивільних інженерів, а й безпосередніх розробників і виробників систем інженерних мереж.

---

\* президент корпорації «Укрреставрація»,

Як відомо, централізоване опалення в храмах України почало застосовуватись наприкінці XIX століття. В XIX столітті відбувалась чергова низка ремонтів, під час яких, в тому числі, було обладнано і систему опалення і вентиляції Успенського собору. На час ремонтів 1880-1888 років, згідно доповіді професора П. О. Лашкарьова, від давньоруського первісного храму збереглися лише дві вівтарні апсиди – північна і центральна, а південна апсида збереглася лише фрагментарно, також західна стіна до даху, церква св. Іоанна Предтечі. Всі інші частини собору належали до більш пізніх періодів, причому ці частини зводились в різні часи, судячи з конструкцій і матеріалів мурування. Наступний етап ремонтних робіт проводився в 1893 році, і саме тоді паралельно з протиаварійними заходами під керівництвом київського міського архітектора В. М. Ніколаєва була влаштована система парової вентиляції і розширена система парового опалення: «...К середине 80-х годов истекшего столетия Великая церковь... обветшала, ...работы по укреплению (1893 год) было поручено...академику архитектуры В. Н. Николаеву. Эти основные работы начаты в 1893 году... По обнажении стен от штукатурки ясно обнаружили как древние части стен, так и позднейшие пристройки..., обозначились также повреждения, проникающие в кладку стен, арок и сводов. Почти не было ни одной стены, арки или свода, не имевших трещин...

Все части стен арок и сводов, оказавшиеся поврежденными, осторожно и постепенно разбирались и заделывались отборным кирпичом, на растворе из портландцемента. По окончании этой части работ была произведена новая штукатурка. Одновременно... был произведен ряд других архитектурно-технических работ. Прежде всего: было значительно расширено в верхнем ярусе 5 окон... Затем во все окна были вставлены новые, железные рамы... Алтарь был поднят, и устроена соля; в церкви устроена вентиляция и расширено водяное отопление...» [6].

В ході післявоєнних розкопів 1962-63 років, коли собор вже лежав у руїнах, в притворі північного приділу і на сходах були знайдені залишки підлог з метлахських плиток, покладені на цементному розчині по цегляній і бетонній основі, датовані 1893 роком. Однак для нас більш цікавими є ті матеріали, які стосуються дослідження первісної системи опалення і вентиляції Успенського собору: «подпольные устройства выполнены для калориферного отопления. Они представляют систему каналов с кирпичными стенами и сводами, в которых проложены отопительные трубопроводы... От основных каналов отходят кирпичные каналы – рукава, подходящие к уровню пола, где они завершаются чугунными решетками, через которые подогретый воздух поступал в собор.

...В алтарных частях памятника сплошные подполья, связанные с ходовыми каналами. Подполья перекрыты кирпичными сводами по металлическим балкам» [2].

О.В. Сіткарьова знайшла архівні джерела про первісну систему водяного опалення та вентиляції Успенського собору: «від приміщення, де було встановлено котел, до Успенського собору було проведено спеціальну підземну галерею, яка проходила під його центральною частиною» [7, с. 113]. «Галерея

имеет высоту 2,5 и ширину 1,25 аршин и сложена из кирпича на цементном растворе. Проходит по середине Успенского собора. Внутри галереи, начиная от котла, уложен на кронштейнах в два ряда по 5 труб, образующих сомкнутую магистральную водоотводную систему...имея в галерее два ряда водоводных труб с разной температурой в них воды, возможно из любого сечения галереи вывести отдельную циркуляционную ветвь водяного отопления, не зависящую от других таких же ветвей, беря нагретую воду из верхней трубы и отводя охлажденную воду в нижнюю магистральную трубу и таким образом устанавливая циркуляцию... Таким образом посредством 5-ти независимых ветвей и устроено отопление церкви» [7, с. 113], причому кількість приладів та місця їх розташування визначалися спеціальними розрахунками. «Усього в церкві на 5 вищезгаданих відгалужень опалювальної системи було встановлено 18 нагрівачів та одна...горизонтальна батарея. Головне відгалуження опалювальної системи споруди використовувалося для обігріву центральної частини Успенського собору. Тут було встановлено 8 пічок-нагрівачів. Друге опалювальне відгалуження було прокладене в головному і двох бокових вівтарях і складалося з 4 вертикальних пічок-нагрівачів, а також горизонтальної чавунної батареї з приливними ребрами, закладеної в кружало вівтаря вгорі. Третє і четверте опалювальні відгалуження обігрівали південний та північний вівтарі Успенського собору» [7, с. 113]. Зазначалося, що роботи з влаштування опалення проводили робітники київського машинобудівного і чавуноливарного заводу інженера-технолога А. Ф. Термена.

О. В. Сіткарьова датує наступні відомості про систему опалення Успенського собору 1894 роком, коли проводилось додаткове опалення на хори. «У той же час на Духовний собор було внесено пропозиції щодо вивчення досвіду влаштування систем опалювання та вентиляції в храмах інших міст» [7, с. 114]. «У жовтні 1900 р. Н. К. Берг...розробив додатковий проект на влаштування опалення приділа архід. Стефана Успенського собору. Проект був реалізований в 1901 р., а вже в наступному 1902 р. той же Н. К. Берг розробив проект на влаштування «вытяжных и добавочных паропроводов» [7, с. 115]. В 1904 р. старий паровий котел замінили, до нового котла також підключили Благовіщенську церкву. «Таким чином, влаштована в 1885 р. система опалення й вентиляції собору з часом була розширена і вдосконалена» [7, с. 115]. В 1886 році за досконале водяне опалення Успенського собору і вдалу вентиляцію автор проекту мереж, військовий інженер І. І. Лільє отримав від Києво-Печерської Лаври подяку (рис. 1).

В своїй книзі «Успенський собор Києво-Печерської Лаври» О. В. Сіткарьова детально описує дослідження зруйнованої під час вибуху собору систему опалення, і ми вважаємо за необхідне навести її текст: «Під час вибуху храму в 1941 р. цегляні галереї опалювальної системи були частково зруйновані та засипані. В процесі розбирання завалів руїн Успенського собору під керівництвом М. В. Холостенка в післявоєнний час їх було обстежено в межах даньоруського осередку храму.

Дослідженнями було встановлено, що головна галерея опалювальної системи, яка перетинає центральну частину храму з півдня на північ та з

південного боку, з'єднувала Успенський собор з підвалами Трапезної церкви та палати, де було встановлено паровий котел.

Загальна довжина ділянки головної галереї, яку було простежено в 1962–1963 рр., становила близько 51,5 м. З північного боку в районі приділа архід. Стефана за межами давньоруського осередку храму XI ст. галерею було зруйновано.

Головна галерея являла собою склепінчасту штольню в розрізі 85х140 см. У ній було влаштовано два люки розміром 57х47 см. Галерея мала три відгалуження..., прокладені перпендикулярно до неї в західно-східному напрямку на відстані 7,8–8,0 м одне від одного.

В нартексі давньоруського храму південне та центральне відгалуження з'єднувались, створюючи одну (південну) галерею. ..

Зі східного боку від основної галереї опалювальної системи собору XIX ст. відгалуження з'єднувались з підпіллям під вівтарною частиною храму, утвореним цегляними склепіннями на цегляних стовпчиках 43х43 см заввишки 35 см, влаштованих через 90 см.

У стінах підземних галерей зроблені підпідлогові канали опалення, люки яких (розміром 27х54 см) виходили на рівень підлоги храму і були прикриті металевими решітками.

В 1982–1986 рр. під час проведення архітектурно-археологічних досліджень ...цегляні підземні канали опалювальної системи собору XIX ст. були розкриті в чотирьох шурфах, у т.ч. біля південно-західного стовпа підкупольного простору, в місцях розташування сходів, які вели на другий ярус з півдня та з півночі від західного входу в собор, а також ще одна ділянка опалювальної системи була відкрита в північній частині нартекса.

Підземна цегляна галерея, що пролягала в районі північних сходів, перебувала в незадовільному стані, її склепіння обвалилося. Галерея була спрямована на захід з плавним поворотом на північ.

Ділянка галереї в місці розташування південних сходів була в задовільному стані.

...Роботи з вивчення каналів опалювальної системи були продовжені в 1997 р., коли розчистили й дослідили ділянку галерей у межах давнього осередку храму завдовжки 100 м.

Пізніше, на початку робіт нульового циклу, були відкриті й обстежені ділянки підземних галерей у районі західних ризалітів і у приділі св. архід. Стефана.

Вищезгадані цегляні галереї колишньої опалювальної системи собору були використані при розробці сучасних мереж опалювання та вентиляції собору» (рис.1–4) [7, с. 115–116].

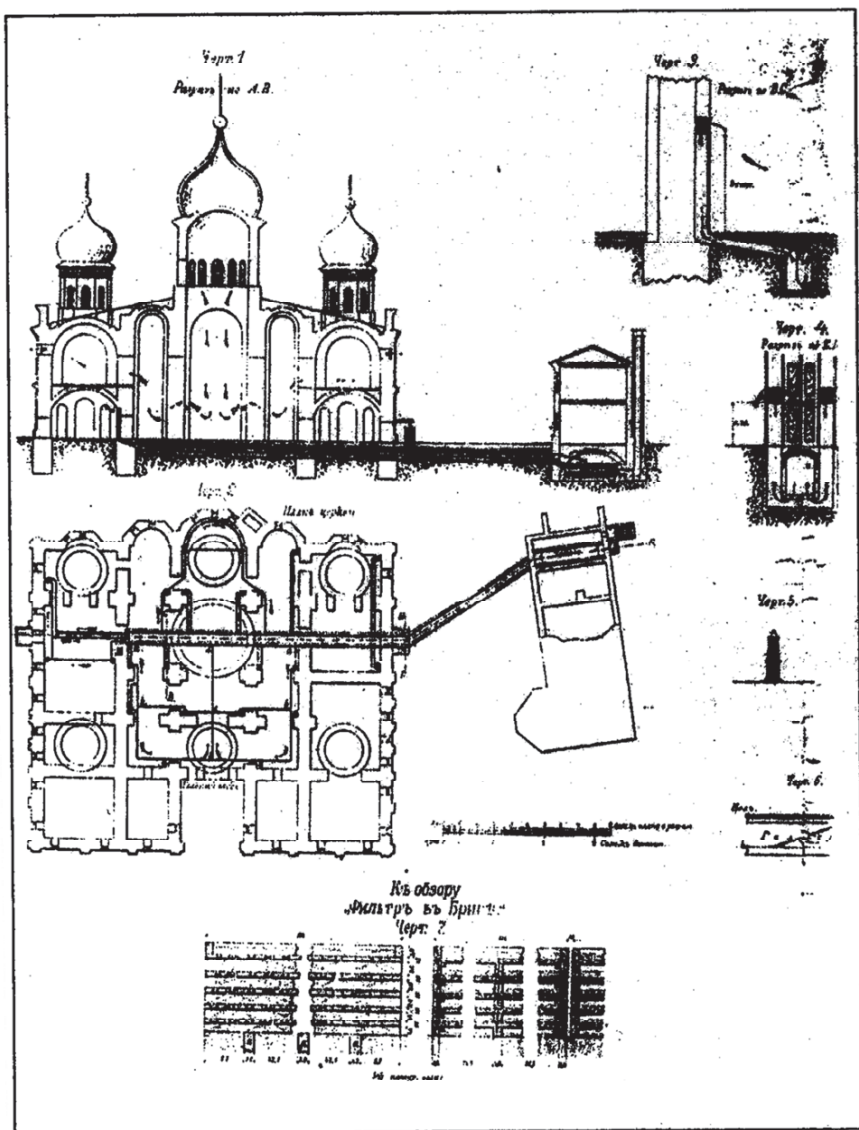


Рис.1. Проект опалення Успенського собору. 1885 р. (Автор – І. І. Лільє)

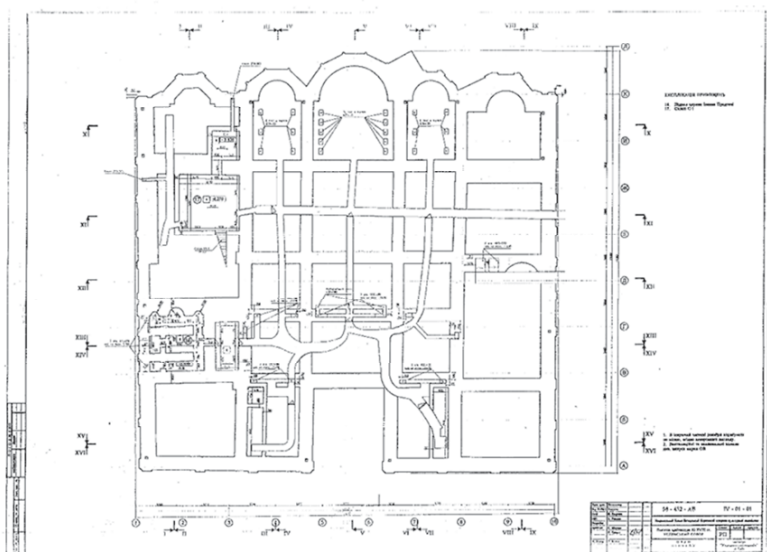


Рис.2. Проект опалення Успенського собору. 1998 р. ( архітектор О. О. Граужис )



Рис. 3. Успенський собор. Головна апсида в процесі виконання реставраційно-відновлювальних робіт.





Рис. 4. Фрагмент каналу системи опалення та вентиляції (Фото 1998 р.)

**Висновки.** Таким чином, дослідження системи опалення та вентиляції Успенського собору свідчить про наступне (рис. 1, 3, 4):

1) система водяного опалення і вентиляції була влаштована на багато століть пізніше дати його будівництва наприкінці XIX століття. Починаючи з 1885 року, весь час удосконалювалась із залученням кращих фахівців (а саме ці роботи проводили військовий інженер І. І. Лільє та робітники київського машинобудівного і чавуноливарного заводу інженера-технолога А. Ф. Термена). Основна галерея опалювальної системи значної висоти проходила з півдня на північ через центральну частину собору і з'єднувала Успенський собор з підвалами Трапезної церкви та Трапезної палати, де було встановлено паровий котел;

2) для калоріферного опалення було влаштовано спеціальні підпілля – система каналів з цегляними стінами і склепіннями, в яких були прокладені опалювальні мережі, причому від основних каналів відгалужувалися другорядні, які підходили безпосередньо до підлоги собору чавунними решітками. В вівтарях було влаштовано систему зв'язаного ходами підпілля;

3) це була складна інженерна мережа, яка передбачала вкладання двох рядів по п'ять труб з різною температурою води для утворення замкнутої водовідводної мережі, причому через верхню трубу проходила т-нагріта вода, а охолоджена вода відводилась в нижню трубу для забезпечення циркуляції води. Опалення собору забезпечувалося п'ятьма незалежними мережами з 18 пічками-нагрівачами і однією горизонтальною чавунною батареею;

4) система опалення вперше з'явилась в Успенському соборі в 1885 році, розширювалась в 1894 році та в 1900–1904 роках, коли активно вивчався досвід систем опалення та вентиляції в храмах інших міст, влаштовувались додаткові



витяжні паропроводи і відбулась заміна старого парового котла. Під час влаштування опалення Успенського собору в процесі відтворення вже в наш час було враховано особливості первісного опалення та вентиляції (рис. 2).

### **Література**

1. Отчет о разборке руин Успенского собора Госзаповедника «Киево-Печерская Лавра». РНРПМ Научно-исследовательский и проектный сектор. – К., 1954.
2. Отчет о разборке руин Успенского собора-памятника архитектуры 11–18 вв. в Киево-Печерском ГИКЗ в 1962–63 гг., РСНРПМ. – К., 1964. – С. 23, 24.
3. Пам'ятка архтектури охор. №4/1. Національний Києво-Печерський історико-культурний заповідник. Пам'ятка архітектури XI-XIX ст. Успенський собор Києво-Печерської Лаври. Історична довідка. – К., 1998.
4. Пам'ятка архітектури XI-XIX ст. Успенський собор. Науково-реставраційне обґрунтування концепції відтворення Успенського собору Києво-Печерської Лаври. – К., 1998.
5. Пам'ятка архітектури XI-XVIII ст. Успенський собор. Іконостас приділу св. Стефана. Пояснююча записка, аналоги. – Л., 2001.
6. Савенко А. И. Великая церковь Киево-Печерской лавры / А. И. Савенко. – «Киевлянин», 1901. – № 215, 216.
7. Сіткарьова О. В. Успенський собор Києво-Печерської Лаври / О. В. Сіткарьова. – К., 2000.

### **ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ УСПЕНСКОГО СОБОРА КИЕВО-ПЕЧЕРСКОЙ ЛАВРЫ** *Орленко Н. И.*

В статье описывается система старого водяного отопления и вентиляции Успенского собора Киево-Печерской Лавры. Анализируется принцип его работы, материалы исследований в процессе археологических раскопок. Приведены архивные чертежи и современные фотографии.

### **THE INVESTIGATION OF THE WATER HEATING AND VENTILATION IN DORMITION CATHEDRAL OF KIEV PECHERSK LAVRA** *Mykola Orlenko*

In article was described the system of old water heating and ventilation in Dormition Cathedral of Kiev Pechersk Lavra. Was analyzed the principle of its working, materials of researches in the process of archeological excavations. Were reduced the archival drawings and new photos.

In 1947, in the territory of the destroyed Cathedral was organized disassembly of blockages and scientific studying of construction. The works on strengthening the lateral altar of John the Baptist, and in 1962–1963 – preservation of other fragments of the building have been carried out; during 1982–1990 the archeological researches were realized.

## ВПЛИВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ОРГАНІЧНОЇ ТА БІОНІЧНОЇ АРХІТЕКТУРИ

*Київський національний університет культури і мистецтв, Україна*

*У статті розглянуто основні напрямки розвитку сучасної архітектури, що пов'язані з новими соціальними функціями будівель, з новітніми конструктивними, інженерно-технологічним розробками, а також з новим рівнем взаємовідношення людини, оточуючого середовища та архітектурного об'єкту з удосконаленими якостями, і в першу чергу, з точки зору енергоефективності.*

**Постановка проблеми.** Архітектура як соціальне явище пов'язана з економічною та духовною складовою суспільства. Рівень споживання енергії суспільством відповідає рівню його розвитку, а отже і рівню розвитку архітектури. Сучасні розробки в галузі технологій, будівництва та енергетики дали поштовх для розвитку новітніх напрямів в архітектурі, таких як біонічна та органічна архітектура. Жива природа має тенденцію до всесторонньої економії енергії, будівельного матеріалу і часу. Закон досягнення мінімальних витрат в живій природі обумовлений органічною цілісністю існування. Все це й спрямувало до думки про можливість використання закономірностей формоутворення природних структур з метою пошуку оптимальних варіантів конструктивної побудови та зовнішньої форми архітектурних об'єктів.

**Стан дослідження.** Ідеї органічної архітектури вперше були сформульовані в 1890-х рр. американським архітектором Луїсом Генрі Саллівеном (1856-1924), а розвинені були його учнем Франком Ллойдом Райтом (1869-1956). У 1960 в Дайтоні (США) відбувся перший симпозіум з біоніки, який офіційно закріпив народження нової науки.

У 1916 році класик «Російського Авангарду» Казимир Малевич зазначив: «Предмети зникли, як дим; в ім'я нової художньої культури мистецтво прагне і до автономії творіння – до пріоритету форм природи». А в 1920-і роки Лазар Хідекель, учень Шагала та Малевича, автор першого в російській історії архітектурно-екологічного маніфесту «АЕРО», написав: «Зароджується нова, більш висока цивілізація, де майбутня архітектура повинна ґрунтуватися на своїх законах, не руйнують природне середовище, а вступають у благотворний просторове взаємодія з навколишньою природою».

**Мета статті.** Головною метою статті є прослідити вплив сучасних енергоефективних технологій на формування та розвиток нових тенденцій в сучасній архітектурі, таких, як біокліматична, органічна, неотрадиційна та біонічна архітектура.

**Виклад основного матеріалу.** Найдосконаліші форми, як з точки зору краси, так і з точки зору організації і функціонування, створені самою природою і розвинулися у процесі еволюції. Людство з давніх пір запозичував у

природи структури, елементи, побудови для вирішення своїх технологічних завдань. В даний час техногенна цивілізація відвойовує у природи все більші території, навколо домінують прямокутні форми, сталь, скло і бетон, а ми живемо в так званих міських джунглях.

І з кожним роком все більш відчутною стає потреба людини в природному гармонійному середовищі, наповненому повітрям, зеленню, природними елементами. Тому екологічна тематика стає все більш актуальною в містобудуванні і ландшафтному дизайні.

Основні напрямки розвитку сучасної архітектури пов'язуються з осмисленням нових аспектів архітектурної форми, що пов'язані з новими соціальними функціями будівель, з новітніми конструктивними, інженерно-технологічними розробками, а також з новим рівнем взаємовідношення людини, оточуючого середовища та архітектурного об'єкту з удосконаленими якість, і в першу чергу, з точки зору енергоефективності.

Це впливає на формування нових тенденцій в сучасній архітектурі, таких, як біокліматична, органічна, неотрадиційна, біонічна архітектура.

Провідною ідеєю біокліматичної архітектури є створення комфортного середовища для людської діяльності в будинках з найменшими енергетичними витратами. Біокліматична архітектура поєднує досвід традиційної архітектури та досягнення сучасних енергоефективних технологій проектування, зведення та експлуатації будинків. Особлива увага при цьому приділяється урахуванню природнокліматичних умов місцевості будівництва, можливостям використання альтернативних джерел енергії, характеру функціонування та можливостям економії енергії – тобто послідовному дотриманню принципу енергетичної раціоналізації. Виникненню цього напрямку передували архітектурні розробки в яких розглядалися окремі прогресивні аспекти формування енергоефективного архітектурного середовища.

Сучасна біонічна архітектура базується на нових методах із застосуванням математичного моделювання та широкого спектру програмного забезпечення для розрахунку і 3d-візуалізації. Основним її завданням є вивчення законів формування тканин живих організмів, їх структури, фізичних властивостей, конструктивних особливостей з метою втілення цих знань в архітектурі. Живі системи є прикладом конструкцій, які функціонують на основі принципів забезпечення оптимальної надійності, формування оптимальної форми при економії енергії та матеріалів.

Ідея «будинку – природного організму», форма якого відповідає конкретним умовам функціонування та потребам конкретної людини-користувача, дала поштовх для розвитку органічної архітектури, де будинок розглядався як органічне продовження природного довкілля, а не тільки як штучне утворення, пристосоване до потреб людини.

До ідеї відповідності архітектури природному та культурологічному контексту повертаються прихильники неотрадиційної архітектури, основною позитивною рисою якої було привернення уваги фахівців до найкращих надбань народної архітектури, систематизоване визначення характерних особливостей регіональної архітектури.

У напрямку біонічної архітектури на основі прийнятого методу функціональних аналогій були запропоновані будинки, структура, конструктивна система та спосіб функціонування яких наближені до природних аналогів. При цьому було розвинуто принцип мінімізації енергетичних та матеріальних ресурсів при створенні будинку та раціоналізації його експлуатації.

Сучасні розробки в галузі енергозбереження в архітектурі можна поділити за повнотою розгляду проблеми за такими напрямками:

- концептуальні – футурологічного спрямування з застосуванням новітніх матеріалів, технологій та архітектурно-планувальних рішень, які підпорядковані провідній ідеї енергозбереження;

- експериментальні – проекти, що ґрунтуються на реалізації окремих способів енергозбереження;

- технологічні – проекти з удосконаленими інженерними системами відбору, накопичення та перетворення енергії традиційних та альтернативних джерел;

- конструктивні – проекти з застосуванням огорожувальних конструкцій та матеріалів з покращеними теплофізичними якостями.

Архітектурний об'єкт – будинок досліджується у складі динамічної системи «людина – природа – архітектура» і розглядається як частина штучно утвореного середовища, а його форма є наслідком дії складного комплексу формоутворюючих факторів. Функціонування системи базується на енергетичному обміні та взаємодії її основних елементів системи: природного середовища, штучного середовища та оболонки архітектурного об'єкта.

Природне середовище характеризується відносно об'єктивними параметрами кліматичних та гідрогеологічних умов.

Штучне середовище, створене в об'ємі архітектурного об'єкта, визначається умовами функціонування та заданими параметрами мікрокліматичних умов.

Оболонка архітектурного об'єкта є мембраною, що регулює ступінь взаємодії різнохарактерних середовищ. Її форма і структура об'єктивно відбиває закономірність взаємодії зовнішнього та внутрішнього середовища, тому оптимізація її параметрів є одним із шляхів підвищення енергоефективності архітектурних об'єктів.

Таким чином, теоретичною моделлю енергозберігаючого архітектурного об'єкту є будівля, в якій:

- оптимальна орієнтація пов'язана з широтою;

- поверхня водночас складається з максимально освітлених та мінімально затінених ділянок;

- об'ємно-просторова та планувальна структура характеризується максимальною компактністю;

- архітектурно-планувальне рішення відповідає умовам теплозбереження;

- матеріали огорожувальних конструкцій запобігають втраті енергії та сприяють теплонадходженню;

- система гнучко регулює надходження сонячної енергії до будинку;

– поверхні мають колір, фактуру, мікроструктуру, що поліпшують теплонаходження.

Принципами функціонування енергоефективного будинку є: максимальне отримання енергії, максимальна акумуляція, мінімальні витрати енергії та її мінімальні втрати.

**Висновки.** Використання закономірностей формоутворення та енергетичної доцільності форм живої природи в дизайні та архітектурі є повністю виправданим. В основу еволюції живих організмів та принципи проектування архітектурних об'єктів закладено однакові засади, що визначаються взаємодією форм та функцій. В оточуючому нас середовищі все взаємообумовлене: існують закони, що об'єднують весь світ в єдине ціле та дають об'єктивну можливість використання в штучно створюваних системах закономірностей та принципів побудови об'єктів живої природи та їх форм.

Правомірність біодизайну обумовлена не тільки біологічною єдністю людства та оточуючого світу, але й особливостями людського пізнання. Мислення людства в значному ступені формується під впливом процесів які відбуваються в природі: в своїй діяльності людина постійно, обумовлено або інтуїтивно, звертається за допомогою до живої природи. Для всієї історії біодизайну характерно використання в структурі та зовнішній формі проєктованих об'єктів найбільш характерних елементів природних форм.

## Література

1. *Беляев В. С.* Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий / *В. С. Беляев, Л. П. Хохлова.* – М. : Высшая школа, 1991. – 255 с.: с ил.
2. *Зейтун Ж.* Организация внутренней структуры проектируемых архитектурных систем / *Ж. Зейтун.* – М : Стройиздат, 1984.
3. *Зоколей С. В.* Архитектурное проектирование, эксплуатация объектов, их связь с окружающей средой / *С. В. Зоколей.* – М. : Стройиздат, 1984. – 670 с.
4. *Кащенко Т. О.* Еволюція архітектурної форми: енергетичний аспект / *Т. О. Кащенко* // Українська академія мистецтва : Науковий збірник. – Вип. 6. – К. : УАМ, 1999.
5. *Кащенко Т. О.* Енергозбереження та розвиток архітектурної форми / *Т. О. Кащенко* // Містобудування : міжвідомчий науково – технічний збірник. Вип. 46. – К. : НДПІ містобудування, 1998.
6. *Лебедев Ю. С.* Архитектура и бионика / *Ю. С. Лебедев.* – М. : Стройиздат, 1977.
7. *Леру Р.* Экология человека – наука о жилищном строительстве / *Р. Леру.* – М. : Стройиздат, 1970.
8. *Лицкевич В. К.* Жилище и климат / *В. К. Лицкевич.* – М. : Стройиздат, 1984.
9. *Маркус Т. А.* Здания, климат и энергия / *Т. А. Маркус, Э. Н. Моррис.* – Л. : Гидрометеиздат ЭВ. – 543 с.

## **ВЛИЯНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ И БИОНИЧЕСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ**

*Панасюк Н. Н.*

В статье рассмотрены основные направления развития современной архитектуры, связанные с новыми социальными функциями зданий, с новейшими конструктивными, инженерно – технологическими разработками, а также с новым уровнем взаимоотношений человека, окружающей среды и архитектурного объекта с усовершенствованными качествами, и в первую очередь, с точки зрения энергоэффективности.

## **EFFECT OF ENERGY EFFICIENT TECHNOLOGY FOR DEVELOPMENT TRENDS AND ORGANIC BIONIC ARCHITECTURE**

*Mykola Panasiuk*

In the article the basic directions of development of modern architecture, associated with the new social functions of the buildings, with the latest design, engineering – technological development, as well as a new level of relationship between man, the environment and the architectural object with improved qualities , and above all, in terms of energy efficiency.

## МОДЕЛЮВАННЯ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ ТА ПОЛІВ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧІ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ

<sup>1</sup>Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна

<sup>2</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

*Стаття присвячена моделюванню строго субгауссових випадкових процесів та полів при чисельному розв'язуванні задачі теплопровідності з випадковими початковими та крайовими умовами. Для побудови реалізацій випадкових процесів та полів використовується їх спектральне представлення у вигляді випадкових рядів або стохастичних інтегралів. Для моделювання використовувались випадкові процеси та поля із стандартними спектральними щільностями.*

**Постановка проблеми та аналіз досліджень і публікацій.** Велика кількість прикладних задач описуються крайовими задачами, серед них, задачі будівельної механіки, задача теплопровідності, задачі теорії пружності [1 – 2]. В багатьох із них початкові та крайові умови задаються випадковими функціями. Розв'язування таких задач опирається на оцінювання статистичних характеристик розв'язків. Використання методів статистичного моделювання дозволяє не тільки оцінювати статистичні властивості розв'язків, а також, і самі розв'язки в конкретних точках [3 – 4]. Тобто, можна будувати реалізації розв'язків на заданих інтервалах, а при багатократному моделюванні оцінювати середнє значення та інші характеристики розв'язків. Таким чином, використання методів статистичного моделювання дозволяє проводити повноцінний обчислювальний експеримент.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Мета статті – адаптувати методи статистичного моделювання випадкових процесів та полів до розв'язування задачі теплопровідності з випадковими початковими та крайовими умовами. В роботі розглядаються строго субгауссові центровані дійсні випадкові поля.

Алгоритми статистичного моделювання випадкових полів прості в реалізації, а це дозволяє оперативно розв'язувати задачі теплопровідності для тіл різної форми і складності границі.

Математична модель розповсюдження тепла в деякому середовищі, що заповнене речовиною з густиною  $\rho$ , питомою теплоємністю  $C$  та коефіцієнтом теплопровідності  $k$  має вигляд [3]:

$$\frac{\partial u(x,t)}{\partial t} = a^2 \Delta u(x,t) + f(x,t),$$

де  $u(x,t)$  – температура середовища в точці  $x$  в момент  $t$ ,  $f(x,t)$  – зовнішні

впливи,  $\Delta u(x, t)$  – оператор Лапласа,  $a^2 = \frac{k}{\rho \cdot C}$ .

Нехай  $D$  довільна область середовища, що містить  $x$ , границя  $\partial D$  достатньо гладка. В процесі спостереження за розподілом тепла, можна обчислити значення  $u(x, t)$  в кожній точці середовища в початковий момент  $t_0$  і в кожній точці  $x_0$  границі середовища  $\partial D$  для всіх  $t$  на деякому проміжку  $t_0 < t < T$ . Ці значення задають початкові умови:  $u(x, t_0) = \xi(x)$ ,  $x \in D$  та крайові умови  $u(x_0, t) = \eta(t)$ ,  $x_0 \in \partial D$ ,  $t \in (t_0, T)$  [3].

Розглядаються задачі коли джерела тепла відсутні:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( k \frac{\partial u(x, t)}{\partial x} \right) = C \rho \frac{\partial u(x, t)}{\partial t},$$

або присутні

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( k \frac{\partial u(x, t)}{\partial x} \right) + \zeta(x, t) = C \rho \frac{\partial u(x, t)}{\partial t},$$

де  $\zeta(x, t)$  – щільність теплових джерел в точці  $x$  в момент  $t$  [3].

Цікавим, з прикладної точки зору, є випадок, коли  $\zeta(x, t)$ ,  $\xi(x)$  та  $\eta(t)$  випадові процеси чи поля. Як правило, розглядаються гауссові випадкові поля. Однак, за рахунок точності обчислень, при реальному моделюванні отримуємо строго субгауссові випадкові процеси та поля. Властивості субгауссових випадкових величин та процесів досліджуються в [5].

**Основна частина.** Алгоритм розв'язання задачі теплопровідності наступний.

1. Задасмо надійність  $\alpha > 0$  і точність  $\delta > 0$  моделювання.
2. Для заданих надійності  $\alpha > 0$  і точності  $\delta > 0$  будуємо моделі випадкових процесів та полів, а саме,  $\zeta(x, t)$ ,  $\xi(x)$  та  $\eta(t)$ .
3. Розв'язуємо задачу теплопровідності чисельними методами. Отримуємо реалізацію розв'язку.
4. Будуємо наступні реалізації випадкових полів  $\zeta(x, t)$ ,  $\xi(x)$  та  $\eta(t)$ .
5. Отримуємо необхідну кількість реалізацій для знаходження статистичних характеристик розв'язку (на практиці кількість реалізацій перевищує тисячу).

Нехай  $(\Omega, \mathcal{B}, P)$  – стандартний ймовірнісний простір,  $(R^d, \Sigma, \nu)$  – деякий вимірний простір,  $\Sigma$  – борелівська  $\sigma$ -алгебра,  $\nu(\cdot)$  – скінчена міра.

Кореляційна функція дійсного центрованого однорідного випадкового поля  $X = \{X(\vec{t}), \vec{t} \in R^d\}$  допускає зображення [6]:

$$B(\vec{t}) = \int_{R^d} \cos(\vec{t}, \vec{\lambda}) d\nu(\vec{\lambda}),$$

де  $(\vec{t}, \vec{\lambda})$  – скалярний добуток,  $\nu(\cdot)$  – скінчена міра на  $\sigma$ -алгебрі борелівських множин в  $R^d$ , а саме поле має зображення в вигляді стохастичного інтеграла [6]:



$$X(\vec{r}) = \int_{R^d} \cos(\vec{r}, \vec{\lambda}) dZ_1(\vec{\lambda}) + \int_{R^d} \sin(\vec{r}, \vec{\lambda}) dZ_2(\vec{\lambda}),$$

де  $Z_1(\vec{\lambda})$  и  $Z_2(\vec{\lambda})$  – некорельовані випадкові міри, що підпорядковані мірі  $\nu(\cdot)$ . Функція  $\nu(\lambda)$  називається спектральною функцією поля.

Якщо  $\nu(\lambda)$  абсолютно неперервна, тобто, допускає представлення  $\nu(\lambda) = \int_{R^d} f(\lambda) d\lambda$ , то  $f(\lambda)$  називається спектральною щільністю однорідного випадкового поля.

Нехай  $\rho(\vec{r}, \vec{s})$  – деяка евклідова метрика в  $R^d$ , або еквівалентна їй метрика.

$$\text{Наприклад, } \rho(\vec{r}, \vec{s}) = \max_{i=1, \dots, d} |t_i - s_i|, \text{ де } \vec{r}^T = (t_1, \dots, t_d), \quad \vec{s}^T = (s_1, \dots, s_d).$$

Нехай  $T \subset R^d$  – множина виду  $T = \{\vec{r}, \rho(\vec{r}, 0) \leq L\}$ , де  $L > 0$  – деяке число. При моделюванні поля  $X(\vec{r})$  можна розглядати і інші компакти в  $R^d$ .

Нехай  $A$  – однозв'язна, з кусково – гладкою границею область в  $R^d$ ,  $D_n$  – деяке розбиття області  $A$  на  $n$  однозв'язних областей  $A_1, A_2, \dots, A_n$  з кусково-гладкими границями,  $\vec{\lambda}_i, i=1, \dots, n$  – фіксовані точки в  $R^d$  такі, що  $\vec{\lambda}_i \in A_i$ . Позначимо  $X_n(\vec{r}, A) = \sum_{i=1}^n (\cos(\vec{r}, \vec{\lambda}_i) Z_1(A_i) + \sin(\vec{r}, \vec{\lambda}_i) Z_2(A_i))$ .

Випадкове поле  $X_n(\vec{r}, A)$  – будемо називати апроксимаційною моделлю поля  $X(\vec{r})$  або  $A_p$  – моделлю.

Нехай  $\delta > 0$  і  $\alpha > 0$ ,  $\alpha \in (0, 1)$  – деякі числа.

Будемо говорити, що  $X_n(\vec{r}, A)$  наближає поле  $X(\vec{r})$  з точністю  $\delta > 0$  і надійністю  $\alpha$  в деякому функціональному просторі, якщо:

$$P\{\|X(\vec{r}) - X_n(\vec{r}, A)\| > \delta\} \leq 1 - \alpha, \quad (1)$$

де  $\|\cdot\|$  – норма функціонального простору.

В роботах [6,7] були знайдені оцінки (1) для просторів  $L_2$  та  $L_p$ ,  $p \geq 1$ , в роботі [8] – в просторі неперервних функцій. В даній роботі будемо використовувати результати для простору  $L_2$ .

**Твердження 1.** Нехай  $X = \{X(\vec{r}), \vec{r} \in R^d\}$  – гауссове випадкове поле. Модель  $X_n(\vec{r}, A)$  наближає поле  $X(\vec{r})$  з надійністю  $\alpha > 0$  і точністю  $\delta > 0$ , якщо область  $A$  та її розбиття  $D_n$  вибрано так, що мають місце нерівності [6]:

$$B(D_n, A) < \delta,$$

$$\exp\left\{\frac{1}{2}\right\} \frac{\delta}{(B(D_n, A))^{\frac{1}{2}}} \exp\left\{-\frac{\delta^2}{2B(D_n, A)}\right\} < \alpha,$$

$$\text{де } B(D_n, A) = \int_T B(\vec{r}, D_n, A) d\vec{r},$$

$$B(\vec{t}, D_n, A) = \sum_{j=0}^n \int_{\Delta_j} 4 \sin^2 \frac{(\vec{t}, \vec{\lambda} - \vec{\lambda}_j)}{2} dv(\vec{\lambda}) + \nu(R^d \setminus A).$$

Виберемо область  $A$  і її розбиття  $D_n$  таким чином:  $A = \{\vec{\lambda} : \rho(\vec{\lambda}, 0) \leq \Lambda\}$ ,  $\Lambda > 0$ . Для  $m > 0$  позначимо  $k_{r_i} = \frac{\Lambda r_i}{m}$ ,  $i = 1, 2, \dots, d$ , де  $r_i$  – деякі числа,  $-m \leq r_i \leq m-1$ ,  $\vec{\lambda}(r_1, \dots, r_d) = (k_{r_1}, \dots, k_{r_d})^T$ . Розбиття  $D_n$  визначимо елементами  $A_{(r_1, \dots, r_d)} = \{\vec{\lambda} : k_{r_s} \lambda_s < k_{r_{(s+1)}}, s = 1, 2, \dots, d\}$ .

При цьому  $n = (2m)^d$ , а  $A_p$  – модель поля  $X(\vec{t})$  має вигляд:

$$X_n(\vec{t}, A) = \sum_{\substack{-m \leq r_i \leq m-1 \\ i=1, \dots, d}} \cos(\vec{t}, \vec{\lambda}(r_1, \dots, r_d)) Z_1(A_{(r_1, \dots, r_d)}) + \\ + \sin(\vec{t}, \vec{\lambda}(r_1, \dots, r_d)) Z_2(A_{(r_1, \dots, r_d)})$$

Тоді при моделюванні випадкові величини  $\{Z_1(A_{(r_1, \dots, r_d)}), Z_2(A_{(r_1, \dots, r_d)})\}$  можна розглядати як множину некорельованих строго субгауссових випадкових величин таких, що:

$$E Z_1^2(A_{(r_1, \dots, r_d)}) = E Z_2^2(A_{(r_1, \dots, r_d)}) = \nu(A_{(r_1, \dots, r_d)}).$$

В цьому випадку має місце оцінка:

$$B(D_n, A) \leq \frac{2^d \Lambda^2 d^2 L^{d+2}}{3m^2} \nu(A) + \nu(R^d \setminus A) (2L)^d,$$

Найбільш часто в прикладних задачах використовуються випадкові поля з спектральними щільностями [1–2]:

$$f_1(\vec{\lambda}) = \frac{\alpha \sigma^2}{\pi(\alpha^2 + |\vec{\lambda}|^2)}, \quad f_2(\vec{\lambda}) = \frac{\alpha \sigma^2 (a^2 + |\vec{\lambda}|^2)}{\pi(4\alpha^2 |\vec{\lambda}|^2 + (|\vec{\lambda}|^2 - a^2)^2)} \text{ та} \\ f_3(\vec{\lambda}) = \frac{2\alpha \sigma^2 a^2}{\pi(4\alpha^2 |\vec{\lambda}|^2 + (|\vec{\lambda}|^2 - a^2)^2)}.$$

Нехай  $A = \{\vec{\lambda} : |\vec{\lambda}| \leq \Lambda\}$ ,  $R = \{d_i, i = 0, 1, \dots, M\}$  – деяке розбиття області  $A$ ,  $\vec{\lambda}_i \in d_i$ . Модель будується за формулою:

$$X(\vec{x}) = \sum_{i=0}^M (\cos(\vec{x}, \vec{\lambda}_i) \xi_{1i} + \sin(\vec{x}, \vec{\lambda}_i) \xi_{2i}),$$

де  $\{\xi_{1i}, \xi_{2i}\}$  – строго субгауссові незалежні випадкові величини з  $E \xi_{1i} = E \xi_{2i} = 0$ ,  $E \xi_{1i}^2 = E \xi_{2i}^2 = \nu_l(d_i)$ ,  $\nu_l(d_i) = \iint_{d_i} S_l(\vec{\lambda}) d\vec{\lambda}$ .

Отримані результати переносяться на субгауссові випадкові процеси. В задачах теплопровідності в ізотропному середовищі необхідно моделювати випадкові поля на сфері. Ізотропне випадкове поле на сфері можна представити у вигляді [9]:

$$\xi(x) = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{l=1}^{h(m,d)} \xi_m^l S_m^l(x),$$

де  $\{\xi_m^l\}$  – незалежні строго субгауссові випадкові величини,  $E(\xi_m^l)^2 = \sigma_m^2$ ,  $l = 1, \dots, h(m, d)$ ,  $S_m^l(x)$  – ортогональні сферичні гармоніки порядку  $m$ ,  $h(m, d)$  – кількість гармонік і виконується умова  $\sum_{m=1}^{\infty} h(m, d) \sigma_m^2 < \infty$ .

$$\text{Моделюється у вигляді } \xi_M(x) = \sum_{m=0}^M \sum_{l=1}^{h(m,d)} \xi_m^l S_m^l(x).$$

Для побудови моделі із заданими надійністю  $\alpha > 0$  та точністю  $\delta > 0$  для знаходження  $M$  в моделі  $\xi_M(x)$  використовуються оцінки:

$$\frac{\delta}{(J(M))^{\frac{1}{2}}} \exp\left\{-\frac{\delta^2}{2J(M)}\right\} \exp\left\{\frac{1}{2}\right\} \leq 1 - \alpha,$$

$$\text{де } J(M) = \left( \sum_{k=M+1}^{\infty} h(k, d) \sigma_k^2 \right).$$

Наприклад, для  $d = 3$  покладемо  $b_m^2 = \frac{1}{(1 + m^{2k})^2}$ ,  $k \geq 1$ . В цьому випадку

$$h(3, m) = 2m + 1.$$

В таблиці 1 приведені значення для різних значень точності і надійності.

**Висновки.** В роботі розглянуто теоретичні основи моделювання гауссових випадкових процесів та полів, що використовуються в задачах теплопровідності та запропоновано алгоритм обчислювального експерименту для розв'язування зазначеної задачі, який може знайти застосування при моделюванні теплообміну в будівлях і спорудах різного призначення

Для розв'язання даної задачі розроблено програмне забезпечення в середовищі MathCAD.

Таблиця 1

Кількість доданків в моделі для різних точності і надійності

$\alpha$	$\delta$	$M(k=1)$	$M(k=2)$
0.95	0.1	34	4
0.95	0.05	67	8
0.95	0.01	332	12
0.99	0.1	42	5
0.99	0.05	76	8
0.99	0.01	360	14

## Література

1. *Болотин В. В.* Случайные колебания упругих систем / *В. В. Болотин.* – М. : Наука, 1979. – 336 с.
2. *Yeremenko B.* Statistical Simulation of Accidental Loads in the Problems of Constructional Mechanics / *B. Yeremenko, A. Pashko, S. Terenchuk* // *Advanced Materials Research.* – Vol 1122. – P. 249–252.
3. *Сабельфельд К. К.* Методы Монте-Карло в краевых задачах / *К. К. Сабельфельд.* – Новосибирск : Наука, 1989. – 280 с.
4. *Елепов Б. С.* Решение краевых задач методом Монте-Карло / *Б. С. Елепов, А. А. Кронберг, Г. А. Михайлов, К. К. Сабельфельд.* – Новосибирск : Наука, 1980. – 175 с.
5. *Булдыгин В. В.* Метрические характеристики случайных величин и процессов / *В. В. Булдыгин, Ю. В. Козаченко.* Киев : ТВиМС, 1998 – 288 с.
6. *Пашко А. О.* Чисельне моделювання гауссових однорідних випадкових полів. / *А. О. Пашко* // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія:математика і інформатика. – 2013. – Вип. 24, №1. – С.116–120.
7. *Пашко А. О.* Моделювання гауссових однорідних та ізотропних випадкових полів / *А. О. Пашко* // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія:математика і інформатика. – 2013. – Вип. 24, № 2. – С. 138–144.
8. *Пашко А. О.* Оцінка точності моделювання гауссових випадкових процесів в рівномірній метриці / *А. О. Пашко* // Журнал обчислювальної та прикладної математики. – 2014. – № 1(115). – С.119–131.
9. *Ядренко М. И.* Спектральная теория случайных полей / *М. И. Ядренко.* – К. : Вища школа, 1980. – 220 с.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ И ПОЛЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

*Пашко А. О., Теренчук С. А., Еременко Б. М.*

Статья посвящена моделированию строго субгауссовых случайных процессов и полей при численном решении задачи теплопроводности со случайными начальными и краевыми условиями. Для построения реализаций случайных процессов и полей используется их спектральное представление в виде случайных рядов или стохастических интегралов. Для моделирования использовались случайные процессы и поля со стандартными спектральными плотностями.

***SIMULATION OF RANDOM PROCESSES AND FIELDS  
FOR SOLVING THE HEAT***

***A. Pashko, S. Terenchuk, B. Yeremenko***

The article is devoted strictly sub-Gaussian modelling of random processes and fields in the numerical solution of heat conduction problem with random initial and boundary conditions. To construct realizations of random processes and fields used their spectral representation in the form of a series of random or stochastic integrals. For modeling used random processes and fields with standard spectral densities

## ПРО ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ МЕХАНІЗМ РЕАЛІЗАЦІЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ПОЛІТИКИ (КЕЙС УПРАВЛІННЯ ЖИТЛОМ)

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

*У статті проаналізований процес становлення громадських організацій у сфері управління житлом в контексті їх впливу на розробку та реалізацію політики енергоефективності. Наведені рекомендації щодо вдосконалення інституту управління житлом.*

**Постановка проблеми.** Підвищення енергоефективності різних сфер суспільного життя вимагає не лише правової бази та технічних рішень, а й певного організаційного механізму. Він включає не лише парламент, органи виконавчої влади, місцевого самоврядування, суб'єктів господарювання, а й структури громадянського суспільства. Завданням останніх є не лише сприяння реалізації політичного курсу (на підвищення енергоефективності), а й висунення вимог до влади, ініціювання проєктів рішень тощо. Відтак енергоефективність суспільства – це сфера політичної взаємодії, спрямованої на реалізацію інтересів соціальних груп. Вдосконалення окремих ланок її організаційного механізму, до яких належить громадянське суспільство, потенційно сприяє збільшенню результативності політики енергоефективності. Серед структур громадянського суспільства, які впливають на реалізацію цієї політики, вагоме місце посідають асоціації управителів житла.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Проблеми управління житлово-комунальним господарством (далі – ЖКГ), зокрема й у контексті підвищення його енергоефективності, аналізувалися в окремих публікаціях у галузевих журналах. Але діяльність громадських структур у цій сфері, їх вплив на політику енергоефективності у науці спеціально не досліджувалася. Відтак автор статті спирається на загальнотеоретичні дослідження проблем взаємодії держави та суспільства, зокрема концепцію належного врядування (governance), одним з положень якої є формування мережевої взаємодії органів державної влади та структур громадянського суспільства.

Ця концепція змушує скоригувати теорії громадянського суспільства. Здебільшого вони називають його ознаками спонтанну взаємодію індивідів за посередництва добровільних асоціацій, захист від прямого втручання держави, роль цінностей у діяльності його суб'єктів [12]. Але з часу виникнення класичних теорій громадянського суспільства сталися значні зміни. Держава нині є ареною боротьби еліт. Останні представляють групи громадянського суспільства, які таким чином не відгороджуються від держави, а прагнуть контролювати її сегменти. Можливості сучасних комунікаційних технологій ставлять під сумнів тези про спонтанність взаємодії та добровільність асоціацій, які конструюються та стають інструментами еліт, як й цінності.

Ще одна складова теоретичних засад дослідження – неоінституціоналізм раціонального вибору (далі – НРВ). Неоінституціоналізм визначає інститути як норми, правила. Від економічної теорії раціонального вибору НРВ взяв ідею інтересу як рушійної сили, але модифікував її. Різні версії НРВ коливаються у діапазоні від більш раціоналістської, в якій інститути є чинниками реалізації інтересів, до більш інституціоналістської, в якій вони ці інтереси визначають.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Метою статті є аналіз формування структур громадянського суспільства на ринку надання послуг управління житлом як складової механізму політики енергоефективності.

**Основна частина.** За даними Мінрегіону, житлофонд України включає 6,5 млн. індивідуальних та 255 тис. багатоквартирних будинків [4] (останнім часом ця цифра дещо зменшена – до 240 тис.). Термомодернізації потребують 80 % будинків. У першу чергу – 18140 будинків 1971–1980 рр. площею 105,1 млн. кв. м (13,2 тис. на 5, 4,2 тис. на 9 та 730 на 16 поверхів), у другу – 22270 будинків 1981–1990 рр. на 134,5 млн. кв. м (відповідно 11,1 тис., 8,5 тис., 2,2 тис. та 450 понад 16 поверхів) [2].

McCinsey&Co оцінює витрати на термомодернізацію житла у \$14 млрд. (для індивідуальних будинків) та \$18 млрд. (багатоквартирних). Ззовні таку суму Україна навряд чи отримає. Так, в рамках проекту Міжнародної фінансової корпорації (далі – МФК) «Енергоефективність у житловому секторі України» надається консультативна та технічна допомога. Європейський банк реконструкції та розвитку у 2016 р. планує інвестувати в Україну 1 млрд. євро, але лише окрему частину – в енергозберігаючі програми у секторі багатоповерхового житла [1]. Це не критична сума. Окремі проекти теж не впливають істотно на ситуацію. Так, проект Мінрегіону та DENA (ФРН) передбачає санацію 20-25 будинків [10].

Внутрішніх джерел України теж не вистачає. За даними МФК, накопичені суб'єктами господарювання ресурси покривають 1 % потреб. Обмежені й можливості держави. У 2016 р. уряд виділив на «теплі кредити» 893,9 млн. грн. [11], а в цілому на 9 березня 2016 р. їх було видано на 1287,3 млн. Тому ці кредити є скоріше індикатором стратегії та допомогою виробникам та реалізаторам матеріалів, а не житловому сектору. Про це свідчить й структура кредитів. Зі 123 млн. грн., виданих у грудні 2015 р., 116 млн. припали на кредити фізичним особам для придбання матеріалів [8]. Немобільна влада й щодо артикуляції курсу. Хоча Держагентство з енергоефективності та енергозбереження (далі – Агентство) й твердить про прагнення місцевої влади до підвищення енергоефективності, насправді у 2015 р. регіональні програми термомодернізації були ухвалені у 18 областях (з 25) та 32 районах (з 473).

Тому для реалізації політики енергоефективності потрібен громадський актор. Суспільство має взяти на себе відповідальність. Про можливості цього свідчить соціологія. За даними USAID, у 2014 р. готові були інвестувати у енергоефективність за умови співфінансування держави 52 % респондентів, за рахунок інвестскладової у тарифі – 23%, пільгових кредитів – 18 %. За даними «Опори», найбільш затребуваним заходом є теплоізоляція стін, дахів або підвалів, також популярні модернізація систем освітлення та заміна вікон в

місцях загального користування, облаштування індивідуальних тепловпунктів, встановлення регуляторів теплового потоку [3].

Кейсом для цього дослідження була нарада 21 січня у Агентстві. Керівництво останнього висловилося за підвищення у політиці енергоефективності ролі компаній з управління житлом, за тристоронню співпрацю Агентства, управителів та енергосервісних компаній [9]. На нашу думку, управителі житла можуть бути ефективними провідниками політики енергоефективності, що пов'язано з їх зацікавленістю в управлінні модернізованим житлом. Вказану ідею та пропозиції, зокрема, щодо включення управителів до кола отримувачів «теплпх» кредитів, на нараді надала громадська спілка «Асоціація управителів житла» (далі – Асоціація).

Асоціацію було створено у 2014 р. Напрями її діяльності – сприяння підвищенню якості управління, реформуванню житлово-комунального господарства (далі – ЖКГ), створення єдиної комунікативної платформи для управителів, представництво інтересів членів в органах влади тощо. Асоціація співпрацює з органами виконавчої влади (має меморандум про співпрацю з Агентством, а її представник є секретарем Громадської ради при Мінрегіоні) та місцевого самоврядування, парламентом. За свідченням глави Асоціації, певні заходи були здійснені для підвищення культури розробки та опрацювання законів у парламентських комітетах. На сьогодні одним з важливих напрямів її роботи є сприяння розробці закону про житлово-комунальні послуги. Важливо, що мотивацією Асоціації є не просто захист інтересів управителів, а й неконфліктна взаємодія з органами влади та іншими суб'єктами – власниками житла, постачальниками комунальних послуг тощо. Значне місце має інформативна функція, зокрема проведення в ході реалізації проекту МФК конференцій в регіонах. Зростає роль навчальної діяльності. Асоціація та громадська спілка «Фонд розвитку та інновацій ЖКГ» заснували Інститут муніципального менеджменту для підвищення кваліфікації правлінь ОСББ, управителів тощо. Проводяться навчальні семінари, розробляються програми навчання на 2-3 кредити тощо.

Даною Асоціацією суспільна консолідація на ринку надання послуг з управління житлом не обмежується. Функціонують Всеукраїнська асоціація спеціалістів з управління та утримання нерухомості «Укржитлоексплуатація», деякі регіональні асоціації, зокрема, Львівська асоціація власників житла та управителів житловою нерухомістю, яка теж проводить навчання фахівців. В цьому випадку організатори пішли своєрідним шляхом, об'єднавши управителів та власників.

Отже, у сфері послуг з управління житлом розвивається суспільна консолідація. Але її ступінь недостатній для представництва суб'єктів ринку, що визнається й керівництвом Асоціації [7]. Нині на ринку діють понад 500 компаній, членами Асоціації є понад 50. Але питання не лише у цифрах або в тому, щоб сконцентрувати більшість компаній «під одним дахом». По-перше, є проблема якості їх діяльності. Так, значна частка керуючих компаній – це суб'єкти, створені забудовниками, доцільність чого викликає викликає сумнів серед управителів. По-друге, не повністю задовільною є реалізація



інформативної функції громадянського суспільства, що обмежує представництво суб'єктів ринку. За даними «Опори», причина пасивності об'єднань співвласників багатоквартирних будинків (далі – ОСББ) щодо програми «тепліх» кредитів – не лише у недовірі до кредитного механізму, а й у низькій поінформованості. Опитування деяких компаній на столичному ринку свідчить, що про Асоціацію та інші громадські структури вони мають мінімум інформації [6]. Про це говорить й перелік ЗМІ, з якими співпрацює Асоціація, що включає 5 телеканалів, але лише 2 з них загальнодержавні, та й вони не входять до кола найпопулярніших. По-третє, не завжди інші громадські спілки на ринку створюються на тривалій основі, причиною чого є, зокрема, дефіцит ресурсів для протистояння монополістам з постачання послуг [6].

Ще однією вагомою причиною є стан розвитку інституту власності. За даними Мінрегіону, у березні в Україні, без урахування неконтрольованих територій, діяли 15 тис. ОСББ, які охоплювали лише 10-15 % багатоквартирних будинків. Згідно з опитуваннями, 45 % мешканців не усвідомлюють себе співвласниками [4]. Влада має стимулювати цей процес. 1 липня 2015 р. набув чинності закон [5], який зобов'язує мешканців до липня 2016 р. вирішити – управляти будинком самотужки, обрати керуючу компанію або погодитись на управителя, якого призначать органи місцевого самоврядування.

Діючих компаній з управління, їх ресурсів недостатньо для всього потенційного ринку (нагадаємо – не менше 240 тис. будинків). Тому низка експертів прогнозує перетворення на керуючі компанії жеків (4,5 тис. структур), інші звертають увагу, що «навколо» мерій останнім часом виникає багато компаній, яких, вірогідно, призначатимуть управителями. У тому, що закон спрямований на стимулювання ринку, нічого поганого немає, якщо це відповідає інтересам й інших соціальних груп – мешканців, постачальників послуг тощо. Але сумнівно, що до розв'язання суспільних проблем веде саме приватизація повноважень (а це відбувається в обох випадках), причому за відсутності належних фінансових, технічних ресурсів, досвіду. Це матиме наслідком те, що багато фірм будуть «одноденками», та вірогідність загострення соціальних відносин, зокрема й внаслідок банкрутства «нових фірм», зникнення коштів мешканців [6]. Цьому сприяє й те, що закон № 417 найсуттєвішою складовою договору про управління визначає ціну послуги, а не її якість. Щодо знань нових управителів, то, навіть попри зусилля Інституту муніципального менеджменту, його ресурсів, як й інших структур, зокрема академій ЖКГ або муніципального управління, не вистачить, щоб за короткий час організувати навчання такого масштабного контингенту у межах країни.

З іншого боку, закон містить й інші положення, які стримують проведення компаніями з управління масштабних заходів з енергозбереження. До них можна віднести, зокрема, обмеження одним роком терміну укладання договорів про управління житлом тощо.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Громадські асоціації управителів житла виконують важливі функції щодо сприяння розробці та реалізації політики енергоефективності – організаційну, комунікативну, артикуляційну тощо. Але рівень громадської консолідації на ринку нині

недостатній для ефективного представництва його суб'єктів. Причому найближчим часом громадянське суспільство постане перед новими викликами внаслідок необхідності різкого прискорення реформ ЖКГ. Це змушує скоригувати таке прискорення на здійснення заходів щодо вдосконалення інституту управління житлом. Мета цих заходів – створення таких соціальних суб'єктів, які були б спроможні надавати послуги та здійснювати заходи з енергозбереження. На нашу думку, доцільно збільшити термін укладання договорів про управління, ввести керуючі компанії до кола позичальників «теплых» кредитів, створити, враховуючи соціальну значущість цієї діяльності, реєстр компаній з управління житлом, ввести сертифікацію їх та фахівців з управління, розробити технічні, організаційні, кваліфікаційні вимоги, впровадити навчання осіб у фахових ВНЗ, зокрема, будівельного профілю. Прийняття кваліфікаційних іспитів доцільно делегувати громадським структурам, але потрібно визначити вимоги до саморегулювних організацій за профілем діяльності та механізм формування кваліфікаційних комісій, зокрема з участю викладачів цих ВНЗ. Ці заходи дали б змогу стимулювати суспільну консолідацію на регіональних ринках, призвели б до інтенсифікації створення національних або міських асоціацій, які б артикулювали інтереси суб'єктів ринку, відстоювали б їх у діалозі з державою та місцевим самоврядуванням, постачальниками комунальних послуг та енергосервісними компаніями. В політологічному сенсі потребують подальшого дослідження взаємозв'язки асоціацій управителів з існуючими політичними силами та палітра інтересів останніх у реформуванні сфери енергоефективності житлового сектору.

## Література

1. ЕБРР инвестирует миллиард евро в Украину [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://korrespondent.net/business/financial/3655931-ebrr-ynvestyruet-mylliard-evro-v-ukraynu>.
2. В Україні близько 90 % багатоповерхівок потребують термомодернізації [Електронний ресурс] / Міністерство регіонального розвитку, будівництва та ЖКГ України. – Режим доступу : [http://www.kmu.gov.ua/control/uk/publish/article?art\\_id=248889563&cat\\_id=244277212](http://www.kmu.gov.ua/control/uk/publish/article?art_id=248889563&cat_id=244277212).
3. Держпідтримка ОСББ до впровадження енергоефективних заходів: досягнення та перспективи / Пост-реліз ГК «Опора» від 22 березня 2016 р.
4. Ефективне управління багатоквартирними будинками [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://jkg-ukraine.com.ua/efektivne-upravlinnya-bagatokvartirnimi-budinkami.html>.
5. Закон України «Про особливості здійснення права власності у багатоквартирному будинку» від 14 травня 2015 р. № 417-VIII // Відомості Верховної Ради. – 2015. – № 29. – Ст. 262.
6. Інтерв'ю з директорами ТОВ, які діють на ринку послуг з управління житлом // Архів Є. Перегуди.

7. Інтерв'ю з президентом Громадської спілки «Асоціація управителів житла» В. Ліманом 28 березня 2016 р. // Архів Є. Перегуди.

8. Компенсация по энергоэффективным кредитам в декабре 2015 г. составила 123 млн грн – Госэнергоэффективности // Интерфакс-Украина. Лента «Экономические новости». – 2016. – 14 березня.

9. Комплексна термомодернізація багатоповерхівок можлива за участі управителів житла та ЕСКО-компаній [Електронний ресурс] / Державне агентства з енергоефективності та енергозбереження України. – Режим доступу : <http://saee.gov.ua/uk/news/999>.

10. Немецкое энергетическое агентство DENA и Минрегион Украины в 2017г проведут комплексную энергосанацию 20-25 жилых домов // Интерфакс-Україна. Лента «Экономические новости». – 2016. – 10 березня.

11. Постанова Кабінету Міністрів України «Про внесення змін до постанов Кабінету Міністрів України від 1 березня 2010 р. № 243 і від 17 жовтня 2011 р. № 1056» від 04 лютого 2016 р. № 63 [Електронний ресурс] / Сайт Верховної Ради України. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/63-2016-п>.

12. *Сенюшкіна Т.* Громадянське суспільство / *Т. Сенюшкіна* // Політична енциклопедія. Редкол. : Ю. Левенець (голова), Ю. Шаповал (заст. голови) та ін. – К. : Парламентське видавництво, 2012. – С. 160–161.

## **ОБ ОРГАНИЗАЦИОННОМ МЕХАНИЗМЕ РЕАЛИЗАЦИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ ПОЛИТИКИ (КЕЙС УПРАВЛЕНИЯ ЖИЛЬЕМ)**

*Перегида Е. В.*

В статье проанализирован процесс становления общественных организаций в сфере управления жильем в контексте их влияния на разработку и реализацию политики энергоэффективности. Приведены рекомендации по усовершенствованию института управления жильем.

## **ON THE ORGANIZATIONAL MECHANISM OF IMPLEMENTATION ENERGY EFFICIENCY POLICY (CASE OF HOUSING MANAGEMENT)**

*Yevhen V. Pereghida*

The formation of NGOs in the field of housing management is analyzed in the article in the context of their impact on the development and implementation of energy efficiency policy. The recommendations for improving of the institution of housing management are listed.

## МОЖЛИВОСТІ РОЗШИРЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ ПЕРЕНОСУ

*Київський національний університет будівництва і архітектури, України*

*Запропоновано набір нових можливостей по дослідженню і застосуванню поверхонь переносу на основі: 1) узагальнення та деталізації існуючих положень; 2) розробки ключового способу утворення поверхонь переносу при плоских і просторових твірних та напрямних; 3) створення можливості отримати ключовим способом вичерпний набір відсіків, який можна використати в якості модулів складених поверхонь переносу.*

**Постановка проблеми.** Для задач архітектурного формоутворення мають значну перевагу поверхні переносу, які відповідають основним закономірностям архітекtonіки. Тому виникає потреба розширення можливостей їх використання особливо при проектуванні просторових конструкцій.

**Аналіз основних публікацій.** Застосуванню поверхонь переносу для просторових конструкцій типу оболонок покриття приділено увагу в довіднику [1] та монографії [2]. Особливо широко теоретичні і прикладні основи застосування поверхонь переносу подані в енциклопедії аналітичних поверхонь різних класів [3]. Це єдине в своєму роді оглядове видання по поверхнях в світовій науково-технічній літературі, призначене для геометрів, архітекторів і будівельників і спеціалістів різних галузей, де геометрія поверхонь є суттєво складовою.

Поверхні переносу були запропоновані Гаспаром Монжем на кінематичній основі як результат поступального переміщення твірної по напрямній без обертання при збереженні форм цих кривих [4]. При такому переміщенні точки твірної по напрямній і точки напрямної по твірній зберігаються положення дотичної до твірної і дотичної до напрямної (Рис. 1).

Інший підхід започатковано Дарбу, при якому поверхні переносу розглядаються як трансверсальні поверхні лінійчатих конгруенцій, тобто як геометричне місце точок, які ділять в заданому відношенні відрізки променів конгруенції, обмежених фокальними точками [5]. С. Лі запропонував отримувати поверхні переносу, як серединні поверхні конгруенцій прямих, заданих двома довільними базовими кривими (поверхні Лі) (Рис.2).

Обидва підходи знайшли своє продовження в геометричних дослідженнях, зокрема в прикладній геометрії та в навчальній літературі з нарисної геометрії [2, 6, 7]. Цьому сприяла наявність у поверхнях переносу двох сімей конгруентних ліній, приваблива для вирішення багатьох практичних задач.

**Постановка завдань статті.** Виявити можливості розширення досліджень і застосування поверхонь переносу та навести приклади до виявлених можливостей.

**Основна частина.** В сучасних публікаціях розглядаються такі види поверхонь переносу:

1. Поверхні переносу кривої лінії по заданому напрямку [1, 6];
2. Поверхні прямого переносу плоскої твірної кривої по плоскій напрямній кривій [1, 3, 6, 7];
3. Поверхні діагонального переносу при заданому горизонтальному контурі [2, 3];

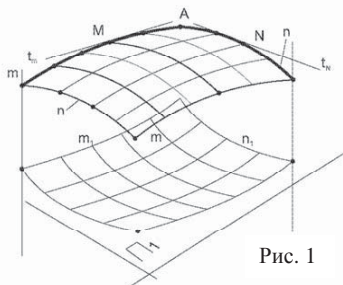


Рис. 1

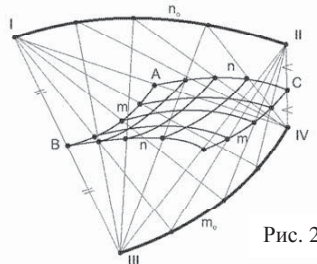


Рис. 2

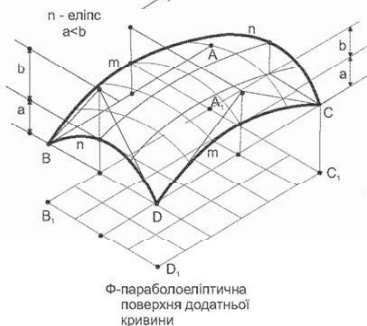


Рис. 3

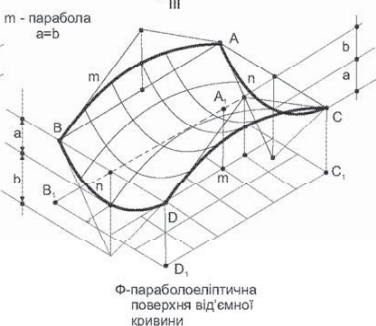


Рис. 4

Поверхням з просторовими твірними та напрямними приділяється мало уваги.

В першому виді твірна крива  $m$  може бути і просторовою і плоскою. В обох випадках її перенос в прямолінійному напрямі утворює циліндричну поверхню, тобто поверхню переносу нульової гауссової кривини з однією множиною конгруентних кривих.

Поступальний прямий перенос плоскої твірної  $m$  по плоскій напрямній  $n$ , які знаходяться у взаємноперпендикулярних вертикальних площинах і мають спільну точку  $A$ , дає поверхню  $\Phi$  прямого переносу, з двома множинами конгруентних перерізів. Взаємно, прямий перенос і напрямної по твірній дає ту саму поверхню і множини перерізів. [3]

Поверхні прямого переносу мають подвійну кривину, зокрема додатну і від'ємну та змінну гауссову кривину (Рис. 3, 4). Додатну та від'ємну гауссову кривину мають параболоїди еліптичний та обертання і гіперболічний (гіпар), які несуть на собі дві множини конгруентних парабол. Змінна кривина виникає, коли напрямна лінія  $n$  має точку перегину.

Поверхні діагонального переносу застосовуються при необхідності опирання поверхні на горизонтальний контур у вигляді ромба або кривої з осями симетрії, які збігаються з діагоналями ромба [2, 3]. Взаємно перпендикулярні вертикальні діагональні площини задають положення площин інциденції множин конгруентних твірних і напрямних. Твірні лежать в площинах, паралельних площині меншої діагоналі. При русі твірна ковзає двома симетричними точками по контуру, а лінія ходу її вершини утворює конькову напрямну в площині більшої діагоналі. Утворена поверхня діагонального переносу відрізняється від поверхні прямого переносу тим, що дуги на конгруентних твірних отримуються не однаковими. Це тому, що змінюється при русі величина хорди, що з'єднує пари точок на контурі.

В [2], рис. 95, розглянуто окремий випадок, коли конькова напрямна конгруентна твірним. Ця умова визначає горизонтальний контур, на який парю точок спираються твірні.

Слід визначити, що розглянуті види є спрощеними випадками в порівнянні з загальною трактовкою Гаспара Монжа, вираженою в назві праці [4]: «Про поверхню, отриману рухом даної кривої подвійної кривини постійної форми, яка не обертаючись рухається уздовж деякої другої абсолютно довільної кривої».

Відмінність заключається в тому, що твірна і напрямна лінії є просторовими, а множини конгруентних ліній поверхні переносу розташовується у вертикальних паралельних циліндричних поверхнях.

Загальну трактовку поверхонь переносу по Монжу можна використати при розгляді задач формоутворення.

Перш за все для загального випадку треба додати конструктивну графічну побудову, яка б реалізувала складання висот  $z'$  і  $z''$  точок твірної і напрямної, які належать одній вертикальній прямій (конкуруючих точок відносно горизонтальної площини проєкцій).

Це можна реалізувати на основі розгляду трьох поверхонь  $\Phi'$  і  $\Phi''$ , які мають  $\Phi' \equiv \Phi'' \equiv \Phi$ . Поверхні  $\Phi'$  і  $\Phi''$  представляють поверхні точок твірних і напрямних.  $\Phi$  є шуканою поверхнею переносу, залежною від  $\Phi'$  і  $\Phi''$ .

Така залежність типова для ключових способів побудови поверхонь при наперед заданих умовах [10, 11]. У випадку поверхонь переносу наперед заданою умовою є отримання аплікату  $z$  точок поверхні  $\Phi$  як суми аплікату  $z'$  і  $z''$  точок поверхонь  $\Phi'$  і  $\Phi''$ .

Нехай на початку руху задані у вертикальних взаємно перпендикулярних площин плоска твірна  $n$  напрямна  $m$  зі спільною точкою  $A$  та їх горизонтальні проєкції  $m, n, A$  на площину  $\Pi$ . На  $m$  та  $n$  з певним кроком наміченої точки (Рис. 5).

Поверхня  $\Phi'$  утворена при переносі напрямної  $n$  і русі точки  $A$  по горизонтальній проєкції  $n$  напрямної. Так утворена поверхня  $\Phi'$  є горизонтальною циліндричною поверхнею, що проходить через твірну  $m$  і перпендикулярна до її площини. Вона є просторовим графіком всіх значень  $z'$  обраного відсіку поверхні переносу.

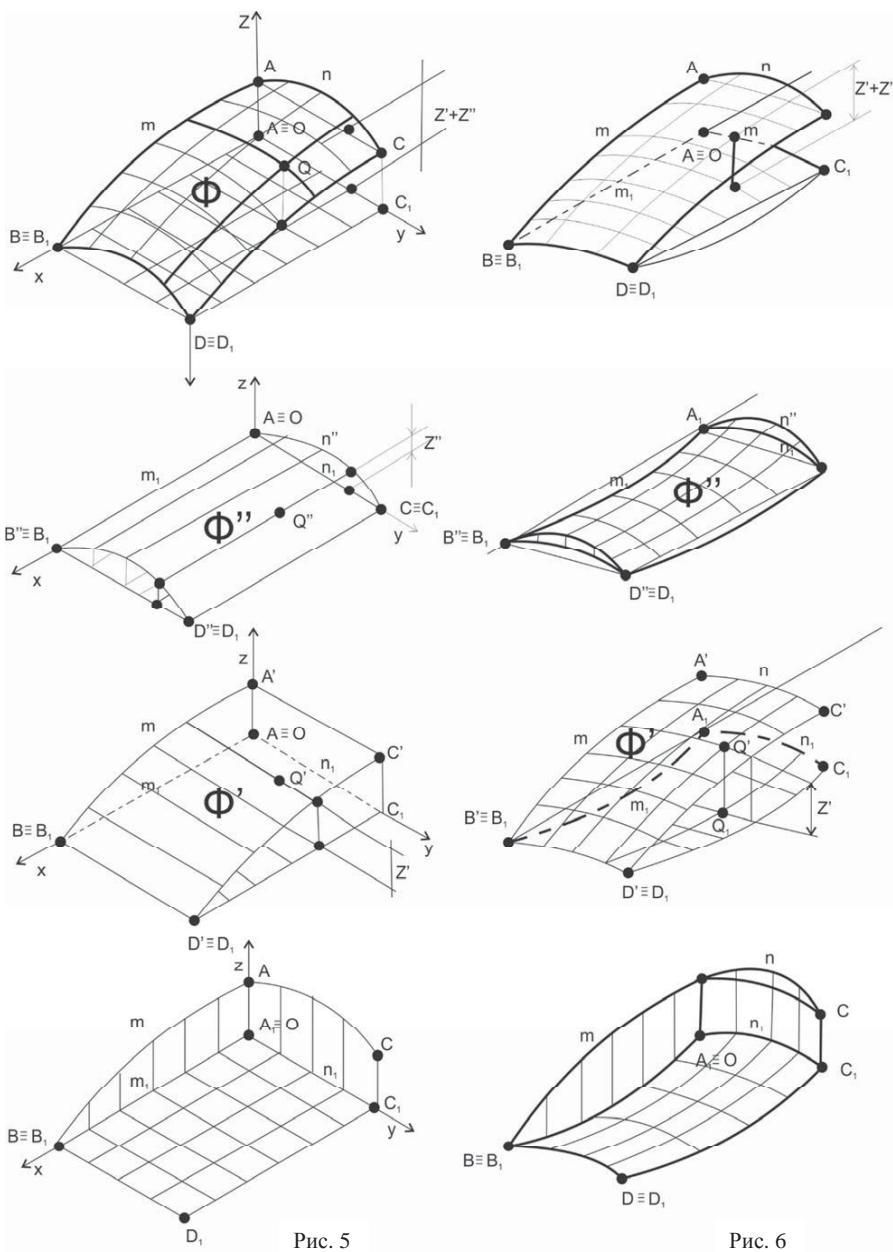


Рис. 5

Рис. 6

Поверхню  $\Phi''$  утворена при переносі напрямної  $n$  і русі точки  $A$  по горизонтальній проекції  $m$  твірної. Це також горизонтальна циліндрична поверхня, яка проходить через напрямну  $n$  і перпендикулярна до її площини.



Вона є просторовим графіком усіх значень  $z''$  другої складової.

Такі побудови забезпечують на кожній вертикальній прямій наявність  $z'$   $z''$  поверхонь  $\Phi'$ ,  $\Phi''$ , які дають точку поверхні  $\Phi$  з перевищення над площиною  $\Pi$ :  $z = z' + z''$ . Наприклад,  $z$  точки  $Q$  поверхні  $\Phi$  є сумою висот  $z'$  і  $z''$  точок  $Q'$  і  $Q''$ , які належать горизонтальним твірним відповідно до поверхонь  $\Phi'$  і  $\Phi''$ .

Через точки поділу твірної і напрямної проходять два пучки взаємноперпендикулярних площин, які задають сітку на поверхні  $\Phi$  і спільну прямокутну сітку горизонтальних проекцій поверхонь  $\Phi'$ ,  $\Phi''$  і  $\Phi$ .

В розглянутій послідовності поверхня  $\Phi''$  є ключовою, яка перетворює поверхню  $\Phi'$  в поверхню  $\Phi$ . Якщо змінити послідовність і утворювати ту ж саму поверхню  $\Phi$  переносом напрямної по твірній, то  $\Phi'$  і  $\Phi''$  поміняються ролями і  $\Phi''$  стає ключовою поверхнею, яка перетворює  $\Phi'$  у  $\Phi$ .

При просторових твірних та напрямних спільна прямокутна сітка на горизонтальній проекції перетвориться у сітку конгруентних кривих ліній.

Це результат перетину з площиною  $\Pi$  двох множин паралельних вертикальних циліндричних поверхонь, які проєктують на  $\Pi$  конгруентних просторових твірних та напрямних (Рис. 6).

Циліндрична поверхня  $\Phi'$  з горизонтальними твірними перетвориться в поверхню конгруентних горизонталей, паралельних проєкціями множини напрямних поверхні  $\Phi$  на  $\Pi$ . Аналогічно поверхня  $\Phi''$  стане поверхнею горизонталей, паралельних проєкціям множини твірних поверхні  $\Phi$  на площину  $\Pi$ .

У випадку, коли тільки одна з ліній є просторова, а інша плоска сітка на спільній горизонтальній проєкції складається з сім'ї конгруентних ліній та сім'ї прямих. Відповідно одна з поверхонь  $\Phi'$  і  $\Phi''$  залишиться циліндричною, а інша стане поверхнею горизонталей.

На поверхні  $\Phi$  у всіх випадках сітка Чебишова має чотирикутні чарунки з парами протилежних відрізків прямих або дуг паралельних плоских чи просторових кривих.

**Висновок.** Запропонований ключовий спосіб дозволяє з одного боку системно опрацювати формування простих поверхонь переносу, а з другого боку створює можливість на одній конструктивній основі перейти до формування складених поверхонь переносу різноманітних видів, а також до поверхонь довільної орієнтації.

## Література

1. Современные пространственные конструкции (железобетон, металл, дерево, пластмассы): Справочник / Ю. А. Дыховичный, Э. З. Жуковский, В. В. Ермолов и др. // Под редакцией Ю. А. Дыховичного, Э. З. Жуковского. – М.: Высшая школа, 1991. – 543 с.

2. Михайленко В. Е. Формообразование оболочек в архитектуре / В.Е. Михайленко, В.С. Обухова, А.Л. Подгорный – К.: Будівельник, 1972. – 205 с.



3. *Кривошапко С.Н.* Энциклопедия аналитических поверхностей / *С.Н. Кривошапко, В.Н. Иванов.* – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010 – 560 с.

4. *Монж Гаспар.* Приложение анализа к геометрии (перевод с фр.) / *Гаспар Монж.* – М–Л.: Объединение научно-техническое изд-во, 1936 – 699 с.

5. *Алексеев В. Г.* Теория прямолинейных конгруэнций в связи с теорией поверхностей (по лекциям проф. Дарбу) / *В. Г. Алексеев.* – М. : 1897.

6. *Бубенников А. В.* Начертательная геометрия / *А. В. Бубенников, М. Я. Громов* // Учебник для вузов. – М. : Высшая школа, 1973 – 416 с.

7. *Садовничий А. Ф.* Поверхности переноса. Сети, площади и объемы / *А. Ф. Садовничий* // Сборник статей Всесоюзного заочного политехнического института 1953, вып. 5. – С. 129–139 с.

8. *Котов И. И.* Новый метод построения поверхностей, удовлетворяющих некоторым наперед заданным требованиям / *И. И. Котов* // Вопросы теорий, приложений и методики преподавания начертательной геометрии (труды Рижской научно-методической конференции, июнь 1957 г.). – Рига : РИГВФ, 1960. – С. 143–161.

9. *Подгорный А. Л.* Ключевые способы множеств линий и конструирование поверхностей / *А. Л. Подгорный* // Прикладная геометрия и инженерная графика. – К. : Будівельник. 1969. Вып. 9. – С. 143–161.

## **ВОЗМОЖНОСТИ РАСШИРЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРИМЕНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПЕРЕНОСА**

*Подгорный А. Л.*

Предложен набор новых возможностей по исследованию и применению поверхностей переноса на основе : 1) обобщение и детализации существующих положений; 2) разработки ключевого способа образования поверхности переноса; 3) создание возможности получать ключевым способом исчерпывающий набор отсеков, который можно использовать в качестве модулей составных поверхностей переноса.

## **POTENTIAL OF DEVELOPMENT RESEARCH AND OF APPLYING OF THE TRANSFER SURFACES**

*Oleksiy Pidgorny*

A set of new possibilities in the research and use of the transfer surfaces are proposed. That based on: 1) summarizing and detailing of existing principles; 2) development of key method of forming a transfer surface; 3) creating possibility of receiving a key way to a get comprehensive set of compartments, which can be used as a module of transfer surfaces.

## ФОРМОУТВОРЕННЯ СКЛАДЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ПЕРЕНОСУ

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

*Розроблено ключовий спосіб утворення багатомодульних складених поверхонь переносу при використанні в якості твірних і напрямних всіх можливих видів складених ліній з різними ланками та зв'язками між ними. Запропоновано доповнення довільної до існуючої вертикальної орієнтації. Наряду з кінематичним способом для отримання простих і складених поверхонь переносу можна використовувати трансверсальний спосіб при простих та складених базових лініях.*

**Постановка проблеми.** Для задач архітектурного формоутворення мають значення не тільки прості поверхні переносу, а й складені поверхні в різних композиційних рішеннях, які мають архітектурно-художню новизну і конструктивну логіку. Тому їх освоєння є актуальною проблемою.

**Аналіз основних публікацій.** Такий аналіз виконано в попередній статті [1]. Там розглянуто процес започаткування поверхонь переносу, їх види і особливості, запропоновано ключовий спосіб утворення поверхонь, який повинен стати основою формоутворення складених поверхонь переносу різних видів.

**Постановка завдань статті.** Розглянути формоутворення поверхонь переносу при використанні в якості твірних і напрямних складених ліній всіх видів з ланками у вигляді відрізків прямих, дуг плоских і просторових кривих та при різних зв'язках ланок у вершинах. Включити в розгляд довільну орієнтацію поверхонь. Розглянути можливість використання не тільки кінематичного способу утворення поверхонь переносу, а й трансверсального для задач формоутворення складених поверхонь.

**Основна частина.** Для розширення формоутворюючих можливостей поверхонь переносу пропонується в якості твірних та напрямних приєднати до плоских та просторових кривих прямі, а також складені лінії, які мають ланки у вигляді відрізків прямих та дуг кривих і різні умови з'єднання у вузлах сполучення ланок. Це наступні лінії:

1. Плоскі та просторові ламані з прямими ланками.
2. Плоскі узагальнені ламані з ланками у вигляді дуг плоских кривих та точками перелому у вершинах (дві різні дотичні в спільних кінцях ланок).
3. Просторові узагальнені ламані з ланками у вигляді дуг плоских кривих та точками перелому у вершинах.
4. Просторові узагальнені ламані з просторовими ланками та різними трьохгранниками Френе у вершинах [2].
5. Плоскі обводи точок з однією дотичною в спільних кінцях ланок.
6. Просторові обводи точок зі спільними тригранниками Френе в точках з'єднання ланок [3].

7. Комбіновані випадки по вибору однакового виду ланок або різних, їх кількості умов з'єднання.

Застосування складених ліній веде до утворення складених поверхонь переносу. Такі поверхні будуть представляти сукупність відсіків простих поверхонь переносу (модулей) по різному стикованих між собою. Якщо відсіки плоскі і перетинаються по прямих, то виникає багатогранна поверхня переносу. При застосуванні узагальнених ламаних виникають криволінійні грані і стики. Застосування обводів приводить до складної поверхні, відсіки якої з'єднуються з певним порядком гладкості. Застосування комбінованих випадків ліній дає комбіновані поверхні переносу.

Уявити різноманітність отримуваних складених форм можна по-перше через можливості утворення простих модулів за допомогою різних пар  $\Phi' - \Phi''$ . Кожна з цих поверхонь може бути відсіком площини горизонтальної або загального положення, циліндричної поверхні, поверхні горизонталей. При одному простому відсіку другий може бути відсіком призматичної поверхні або криволінійно складчастої з ребрами – горизонталлями. Це дає 20 формоутворюючих пар відсіків  $\Phi' i \Phi''$ .

По-друге, різні форми модулів отримуються при виборі дуг різних кривих, їх положення. Це дає поверхні переносу додатної, від'ємної та нульовою гауссової кривин, змінної кривини, опуклі та ввігнуті, складчасті, хвилясті, тощо.

По-третє, використання комбінаторних можливостей по способу утворення складених ліній твірних та напрямних, вибору їх ланок, умов з'єднання, кількості.

Проілюструвати всі розкриті резерви формоутворення в одній публікації неможливо. Можна тільки в загальних рисах охарактеризувати основні підходи.

При застосуванні прямого переносу при складених твірній  $m$  та напрямній  $n$ , ланки яких є відрізки прямих та дуги плоских кривих, поверхні  $\Phi'$  та  $\Phi''$  залишаються горизонтальними поверхнями, що приходять через  $m$  та  $n$ , паралельно одному з двох напрямів взаємно перпендикулярних площин:  $\Phi'$  паралельно площинам напрямних,  $\Phi''$  площинам твірних. Їх форма залежить від форм  $m$  і  $n$ , в яких включаються і прямі ланки. Тому  $\Phi'$  і  $\Phi''$  можуть бути не тільки циліндричними складеними по виду ланок, а й призматичними або призмочиліндропризматичними.

В самому простому випадку при конгруентних ламаних  $m$  та  $n$  це дає складчасту поверхню  $\Phi$  з плоскими гранями як поверхню переносу (Рис. 1). На подальших рисунках дається набір прикладів отримання  $\Phi$  для конкретних  $m$  та  $n$  та поверхнях  $\Phi'$  і  $\Phi''$ .

На рис. 2 складчаста поверхня з неконгруентними ломаними  $m$  та  $n$ . Поверхні  $\Phi'$  і  $\Phi''$  – призми.

На рис. 3 складчаста поверхня з гранями відсіками параболічного циліндра. Поверхні  $\Phi'$  і  $\Phi''$  – параболічний циліндр та призма з плоскими гранями.

На рис. 4 складчаста поверхня з плоскими та циліндричними гранями  $\Phi'$  – призмочиліндрична поверхня,  $\Phi''$  – призмаична з двома горизонтальними та двома нахиленими гранями.

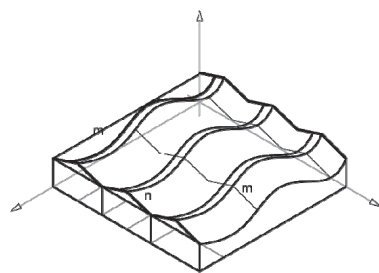
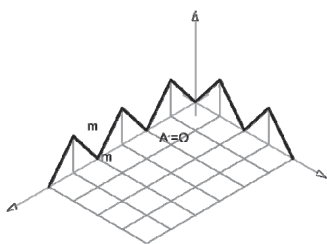
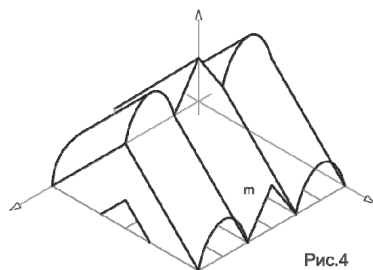
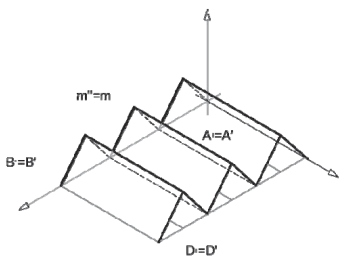
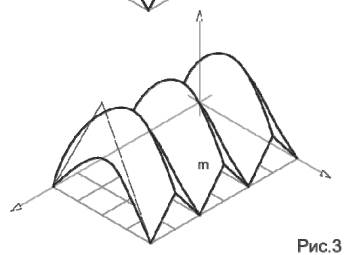
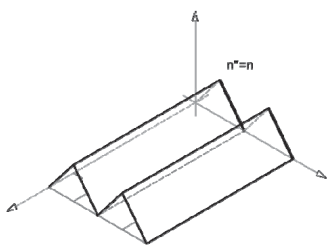
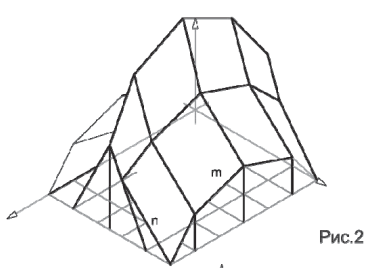
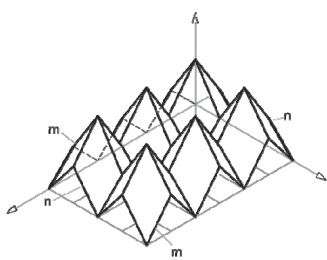


Рис.1

Рис.5

На рис. 5 складчаста поперечно хвилюва поверхня з циліндричними нахиленими гранями.  $\Phi'$  – гладко спряжена циліндрична поверхня, яка проходить через обвід з парабол.  $\Phi''$  – призматична ламана поверхня з плоскими гранями.

Поверхні з просторовими  $m$  та  $n$  більш складні. Тому їх можна розвивати при достатньому обґрунтуванні. Якщо, наприклад, в утвореній формі поверхня переносу перетинається з іншою поверхнею, їх лінію взаємного перетину можна обрати за твірну  $m$ .

Поверхні діагонального переносу можна поширити на випадок нахиленого контуру. Тоді потрібно розрахувати положення конькової площини, тому що при опиранні в парах точок на різних рівнях порушується симетрія. Крім того, після визначення форми і конькової прямої можна переходити до прямого переносу і як завгодно відсікати контур на поверхні переносу.

Все відоме і розглянуте вище передбачає орієнтацію переносу на горизонтальну площину основи і визначення висот точок по вертикальному напрямку. В практиці використання поверхонь конгруентних перерізів в паралельних площинах з'явилося уже немало об'єктів, для яких доцільно ввести довільну орієнтацію.

Освоєння підземних просторів для прокладки транспортних ліній, улаштування зв'язку з ними, здійснення трубного водо-тепло-газопостачання, водовідведення, виконання дренажних заходів створили потребу утворення тунелів, вестибюлів, переходів в тому числі з розгалуженням або об'єднанням, ескалаторних і ліфтових спусків, сходин та пандусів, колекторів водогонів, штучних русел підземних річок і інших об'єктів, оболонки яких мають поверхні конгруентних перерізів в паралельних площинах. При цьому ці площини мають не тільки вертикальне положення, як у поверхнях прямого переносу з горизонтальною основою, а і довільну орієнтацію.

Наприклад, оболонки ескалаторних спусків, сходин та пандусів можуть утворюватись при площинах твірних вертикальних або горизонтальних або перпендикулярних до осі. Орієнтація при цьому буде відповідно на горизонтальну або вертикальну площину основи та на нахилену площину, перпендикулярну до осі.

Тоді в глобальній системі координат проекта з горизонтальною основою потрібно створювати локальну систему для таких об'єктів. Для зв'язку систем можна скористатись або аналітичним способом перетворення прямокутних координат або графічними способами заміни площин проекцій чи плоско-паралельного переміщення відносно площин проекцій.

Для розгалужень і з'єднань переходів пропонується спосіб косо́го переносу. Він відрізнятиметься від прямого переносу тим, що площини напрямних і твірних ліній будуть перетинатися під косим кутом. Тоді виникає лівий і правий перенос. З'єднання двох переходів в один можна здійснити з використанням лівого і правого переносів. Поверхня лівого переходу з'єднується з поверхнею правого через ребро – їх лінію перетину. З'єднання трьох переходів можна здійснити з використанням одного прямого і двох косих переносів.

При отриманні поверхні переносу трансверсальним способом [4, 5] обираються дуги базових ліній з урахуванням коефіцієнта пропорційності для отримання їм подібних твірної та напрямної. Отримання складеної поверхні відбувається при виборі також складеної дуг базових ліній з обраними умовами зв'язку ланок.

**Висновок.** Розглянуті можливості розширення досліджень і застосування поверхонь переносу як носіїв множин конгруентних перерізів в паралельних площинах в першу чергу повинні найти місце в формоутворенні об'єктів в архітектурі та дизайні при комплексному підході. Крім художньо-естетичного аспекту, значну долю займає питання відповідності функціям та доцільна конструктивна реалізація. Все в більшій мірі приділяється увага економічності рішень та створення комфортних умов життєдіяльності людини в штучному середовищі, які визначаються формою, матеріалами, конструкціями, фізичними законами збереження тепла, вимогами інсоляції, освітлення, використання сонячної енергії, створення акустичного комфорту та шумозахисту. Тому вслід за розширенням можливостей формоутворення виникає необхідність в ближній перспективі розглядати комплексно, які можливості відкривають нові форми для забезпечення комфортності створюваного середовища.

### Література

1. *Підгорний О. Л.* Можливості розширення досліджень та застосування поверхонь переносу / *О. Л. Підгорний* // Енергоефективність в будівництві та архітектурі. – Київ : КНУБА. 2016р. Випуск 8. – С..
2. *Подгорный А. Л.* Обобщение ломаные линии и их множества. // Прикладная геометрия и инж / *А. Л. Подгорный* // Графика. – К. : Будівельник.1973. Вып. 17. – С.103–108.
3. *Котов И. И.* Граноаналитические методы построения обводов. // Прикладная геометрия / *И. И. Котов* // Труды УДН. – М., 1963. – вып. 2. – С. 37–45
4. *Бубенников А. В.* Начертательная геометрия / *А. В. Бубенников, М. Я. Громов* // Учебник для вузов. – М. : Высшая школа, 1973. – 416 с.
5. *Седлецкая Н. И.* Конструирование и применение трансверсальных поверхностей прямолинейных конструкций / *Н. И. Седлецкая* // Диссертация на соискание ученой степени канд.техн.наук. : спец.05.150 Прикладная геометрия и инж. Графика (научный руководитель А. Л. Подгорный ). – К., 1972. – 150 с.

### ФОРМООБРАЗОВАНИЕ СОСТАВНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПЕРЕНОСА

*Подгорный О. Л.*

Разработан ключевой способ образования многомодульных составных поверхностей переноса при использовании в качестве образующих направляющих всех возможных видов составных линий с разными звеньями и связями между ними.

Предложено дополнения произвольной к существующей вертикальной ориентации, что важно для объектов инфраструктуры.

Наряду с кинематическим способом для получения простых и составных поверхностей переноса можно использовать трансверсальный способ при простых и составных базовых линиях.

## **COMPOSITE TRANSFER SURFACES FORMING**

*Oleksiy Pidgorny*

A key method of a multi-modular composite transfer surfaces forming, with used all possible component lines with different links and connections between them as a form guide are described. Additions to any existing vertical orientation, which is important for the infrastructure are proposed. Along with the kinematic method for simple and complex transfer surfaces can be used with a transversal way to simple and composite baselines.

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГЕЛІОПОКРІВЛІ У ГЕЛІОСИСТЕМАХ ДЛЯ ПОБУТОВИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОТРЕБ

*Національний університет «Львівська політехніка», Україна*

*Описано перспективи використання сонячної енергії для потреб систем теплопостачання. Проаналізовано ефективність використання геліопокрівлі у геліосистемі. Показано зміну температури теплоносія, питомої миттєвої потужності геліопокрівлі та коефіцієнту корисної дії системи сонячного теплопостачання впродовж експерименту.*

**Вступ.** Промислові та господарські галузі України тяжіють до ресурсозберігаючих технологій, а темпи застосування нових екологічно чистих способів добування енергії є незначними, тому впровадження нетрадиційних джерел енергії та розвиток екобудівництва є актуальним питанням сьогодення. Використання енергії Сонця для потреб тепло та електропостачання є найбільш екологічним та перспективним напрямком розвитку енергетики. Використання близько 2 % кількості енергії Сонця могло б забезпечити всі сьогоdnішні потреби світової енергетики, що буде мати значний позитивний екологічний ефект. Один із ефективних і широко розповсюджених у світі способів виробництва екологічно чистої енергії – це перетворення сонячного випромінювання в теплоту. Зібрана геліоенергетичними пристроями сонячна радіація замінює енергію, яка вироблена за допомогою “брудних” технологій. У цьому полягає головний екологічний ефект сонячної енергетики.

**Постановка проблеми.** Основною проблемою впровадження сонячних установок у системи теплопостачання є їх висока вартість. Тому було запропоновано поєднати сонячний колектор з конструктивними елементами будівлі. Особливістю геліопокрівлі є те, що її гофрований теплопоглинач, крім поглинання сонячної енергії, виконує функцію покрівлі будинку. Це дозволяє суттєво знизити вартість системи сонячного теплопостачання, спростити її конструкцію, підвищити міцність. Крім того для підвищення ефективності геліопокрівлі, її трубки контуру циркуляції розташовані над теплопоглиначем. Важливим є визначити ефективність роботи геліопокрівлі у системі сонячного теплопостачання

**Основний матеріал.** Метою даної роботи є дослідження роботи екологічно безпечної системи теплопостачання на основі геліопокрівлі. Для досягнення поставленої мети необхідно виконати експериментальні дослідження ефективності геліопокрівлі, встановити залежності кількості тепла, що вона отримала, її ККД та температури нагріву від часу опромінення.

Експериментальні дослідження проводились на установці, яка складалася із геліопокрівлі, бака-акумулятора, джерела випромінювання та вимірювальних приладів.



Роль теплопоглиначача в геліопокрівлі виконує металевий покрівельний матеріал даху будівлі, а саме стандартний профільногофрований лист. Розріз геліопокрівлі зображено на рис. 3.2. Перевагою профільного теплопоглиначача у порівнянні з класичними плоскими сонячними колекторами є збільшення на 25% площі робочої поверхні та більша можливість теплосприймання у ранішні та вечірні години за рахунок похилих граней. Для досягнення максимального поглинання тепла від джерела випромінювання зовнішня поверхня гофрованого листа була зафарбована в чорний колір.

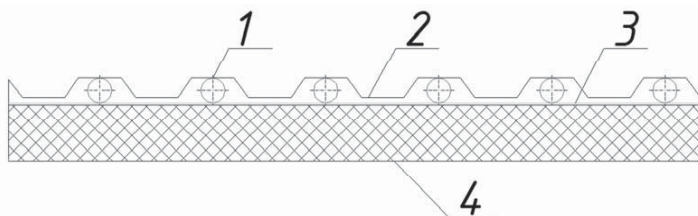


Рис. 1. Розріз геліопокрівлі з трубками контуру циркуляції розташованими під теплопоглиначем: 1 – трубки контуру циркуляції; 2 – теплопоглиначач; 3 – променевідбиваючий екран; 4 – теплоізоляційний шар

Тепло отримане теплопоглиначем 2 передається теплоносію, який циркулює по трубках контуру циркуляції 1. За рахунок різниці температур, та відповідно різниці густин теплоносія в зоні вхідного і вихідного патрубків геліопокрівлі створюється циркуляція теплоносія від геліопокрівлі до баку-акумулятора. З метою підвищення ефективності роботи геліопокрівлі використано шар теплоізоляції 4 із пінополістиролу товщиною 50 мм і променевідбиваючого екрану 3. Завдяки вибраним заходам та селективного покриття на зовнішній поверхні теплопоглиначача створюються умови для максимального поглинання і передачі теплоносієві падаючого на покрівлю сонячного випромінювання.

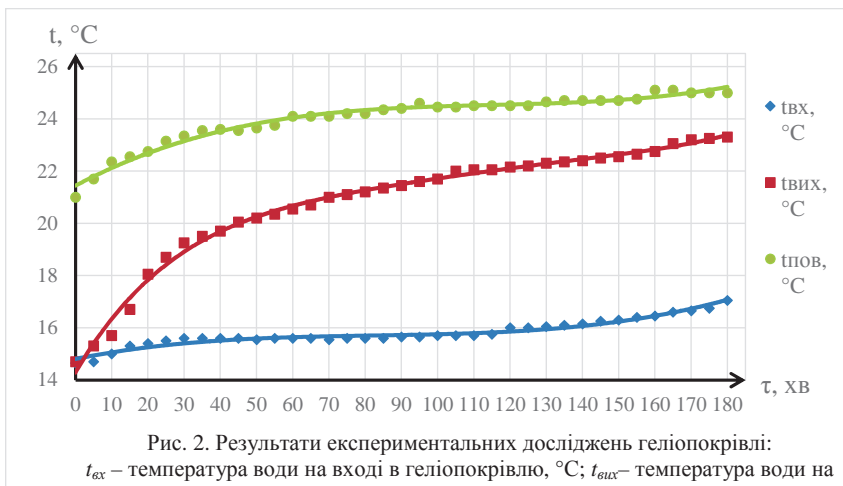
Температура теплоносія вимірювалась у трьох точках системи (на виході з геліопокрівлі, на вході в геліопокрівлю та в баку-акумуляторі) термометрами опору.

Швидкість руху теплоносія змінювалась від 45 до 75 л/(год · м<sup>2</sup>). Діаметр трубок контуру циркуляції становив 15 мм, відстань між ними  $l = 15$  мм.

Після завершення дослідів виключались теплові випромінювачі, зупинялась циркуляція теплоносія, зливався теплоносій і система заповнювалась новою порцією охолодженого теплоносія.

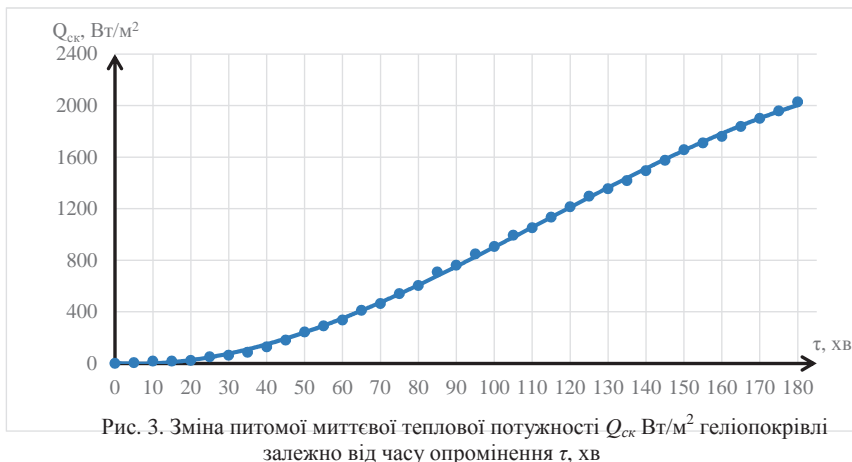
Дослідження проводились при інтенсивності теплового потоку 900 Вт/м<sup>2</sup>, що відповідає значенню інтенсивності сонячного випромінювання в Україні в обідній період дня. Кут нахилу геліопокрівлі становив  $\alpha = 90^\circ$ , азимутальний кут повороту геліопокрівлі  $\beta$  становив  $30^\circ$ .

Результати експериментальних вимірювань температур теплоносія на вході та виході з геліопокрівлі, а також усередненої температури повітря біля експериментальної установки подано у графічній формі на рис. 2.



Проаналізувавши результати експериментальних досліджень зображених на рис. 2, можна побачити поступовий нагрів теплоносія впродовж усього експерименту. Так, вкінці експерименту температура теплоносія на виході із геліопокрівлі досягає значення 23,3°C, тобто теплоносій впродовж експерименту нагрівається на 8,6°C.

Доцільно проаналізувати зміну питомої миттєвої потужності геліопокрівлі впродовж експерименту (рис. 3).



З рис. 5 можна побачити, що питома миттєва теплова потужність геліоколектора різко збільшується впродовж експерименту і в кінці досягає значення  $2030 \text{ Вт/м}^2$ .

Зміна коефіцієнту корисної дії системи сонячного теплопостачання із геліопокрівлею впродовж експерименту зображено на рис. 4.

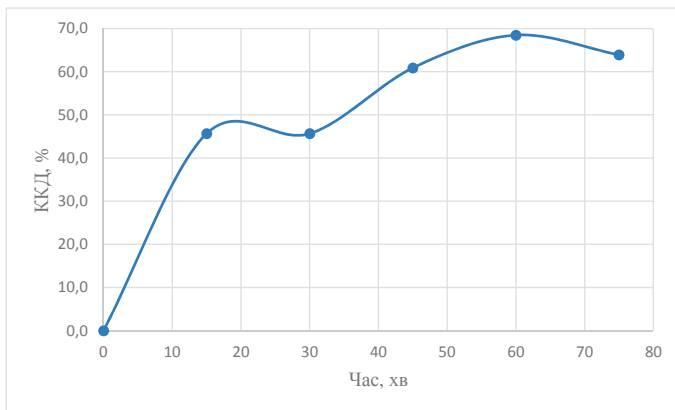


Рис. 4. Зміна ККД системи сонячного теплопостачання з геліопокрівлею впродовж експерименту при інтенсивності теплового потоку  $I_6 = 900 \text{ Вт/м}^2$  та кутах падіння теплового потоку  $\alpha = 90^\circ$  та  $\beta = 30^\circ$

Як видно з графіку на рис. 4 ККД системи сонячного теплопостачання з геліопокрівлею змінюється від 46% до 69%. При цьому середнє значення коефіцієнту корисної дії геліосистеми становить 57%.

**Висновки.** Отже, проведені дослідження показують ефективну роботу геліопокрівлі впродовж експериментів. Температура теплоносія на виході з геліопокрівлі після трьох годин опромінення становила  $23,3^\circ\text{C}$ , що свідчить про ефективну роботу геліопокрівлі. ККД системи сонячного теплопостачання з використанням геліопокрівлі впродовж експерименту досягав значення 69%, що говорить про перспективність застосування геліопокрівлі у системах сонячного теплопостачання.

## Література

1. Wiśniewski G. Kolektorysłoneczne: energiasłoneczna w mieszkalnictwie, hotelarstwie i drobnymprzemysle / G. Wiśniewski, S. Gołębiowski, M. Grycik i in. – Warszawa : «Medium», 2008. – 201 s.
2. Недбайло, А. Н. Использование солнечного коллектора для отопления помещения / А. Н. Недбайло, Н. Е. Ляшенко // Промышленная теплотехника. - 2010. – Т. 35, № 4. – С. 66–70.

3. Kolektorz Słoneczne: energia słoneczna w mieszkalnictwie, hotelarstwie i drobnym przemyśle / *G. Wiśniewski, S. Gołębiowski, M. Grzciuk and other.* – Warszawa : Medium, 2008. – 201 s.

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕЛИОКРОВЛИ В  
ГЕЛИОСИСТЕМАХ ДЛЯ БЫТОВЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НУЖД**  
*Пона О. М.*

Описаны перспективы использования солнечной энергии для нужд систем теплоснабжения. Проанализирована эффективность использования гелиокровли в гелиосистеме. Показано изменение температуры теплоносителя, удельного мгновенной мощности гелиокровли и коэффициента полезного действия системы солнечного теплоснабжения в течение эксперимента.

**ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF SOLAR ROOF IN SOLAR SYSTEMS  
FOR DOMESTIC AND TECHNOLOGICAL NEEDS**  
*O. Pona*

The prospects of using solar energy for the needs of heating systems are described. The effectiveness of using helioroof in solar systems are shown. Coolant temperature change, specific helioroof instantaneous power factor and efficiency of the solar heating system during the experiment are researched.

## ПРОБЛЕМИ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ МАЛИХ МІСТ

<sup>1</sup>ПАТ «Лубнитеплоенерго», Україна,

<sup>2</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

*В статті розглянуто шляхи вирішення проблем систем централізованого теплопостачання, які виникають в містах з населенням до 100 тисяч мешканців на прикладі міста Лубни Полтавської області. Розглянуто програму модернізації і розвитку системи теплопостачання міста, яка складається з програми модернізації котелень, теплових мереж та теплових пунктів, а також шляхи розробки і реалізації такої програми в сучасних умовах.*

В дійсний час системи централізованого теплопостачання переживають кризу, в основі якої лежить низка причин різного плану. Особливо гостро ця криза відчувається в малих містах з населенням до 100 тисяч мешканців. Системи теплопостачання малих міст мають декілька особливостей, серед яких можна виділити такі як нерівномірність розподілу багатопверхової забудови і здебільшого одноповерхового приватного сектору та невеликої потужності джерел теплоти.

Ще однією особливістю малих міст є прагнення мешканців відключитися від централізованого теплопостачання через невеликі статки і постійне зростання тарифів на теплопостачання. Неконтрольоване хаотичне відключення споживачів призводить до розбалансування теплових мереж. Додатково в цьому напрямку діє такий фактор як значне зменшення виробництва або його повне зупинення на більшості підприємств, які були значними споживачами теплоти. В результаті теплогенеруюче обладнання в котельнях стає надмірно потужним. Теплогенеруючі підприємства не в змозі скоригувати свої потужності у відповідності до рівня попиту на теплоту і в результаті зниження останнього веде не до економії енергоресурсів, а до надлишкового виробництва теплоти, яке розсіюється у вигляді теплових втрат. Теплогенеруюче обладнання при цьому експлуатується в неоптимальних режимах, що веде до зростання питомої витрати палива понад нормативного значення.

Обладнання котелень застаріле і сильно зношене. Найчастіше використовуються сталеві котли типу НІСТУ, ТВГ, КВГ або чавунні секційні типу «Факел», «Мінськ». Термін експлуатації обладнання здебільшого перевищує 20 років, тобто паспортний термін експлуатації давно вичерпаний, що призводить до надмірних витрат на ремонтні роботи. З точки зору енергоефективності обладнання не відповідає сьогоденним вимогам і тим більше досягнутому рівню техніки в цій галузі. Труднощі з експлуатацією в

належних режимах деяких важливих елементів котелень, таких як вакуумні деаераторні установки та рециркуляційні насоси, призводять до їх виведення з експлуатації, що веде в свою чергу, до розвитку низькотемпературної корозії в котлах і прискореної корозії сталевих трубопроводів теплових мереж.

Теплові мережі побільшості сталеві, прокладені в непрохідних каналах, можуть бути як двотрубні так і чотирихотрубні. Останні можуть бути приєднані як до теплових пунктів так і безпосередньо до котелень.

Державні органи виявляють занепокоєність станом централізованого теплопостачання і час від часу пропонують програми їх підтримки. Так в 2006 році за наказом № 147 була оголошена програма розробки проектів оптимізації систем централізованого теплопостачання [1]. Однак фінансування під реалізацію цих проектів виділено не було і ці проекти виродились у набір загальних технічних рішень без урахування місцевих особливостей [2].

В 2012 році з'явилась можливість фінансувати енергоефективну модернізацію систем централізованого теплопостачання за рахунок відрахувань на амортизацію та через механізм інвестиційних програм [3], які мають затверджуватись кожний рік в НКРЕКП. При загальній позитивній оцінці такого підходу необхідно відмітити одну ваду – короткий термін дії інвеспрограми – один рік, що не дає можливості повністю реалізувати її потенціал.

Підприємство «Лубнитеплоенерго» пішло шляхом розроблення довгострокової інвестиційної програми з прив'язкою передбачених заходів по роках. Для розроблення програми були взяті наступні вихідні дані. Теплопостачання міста здійснюється від 10 опалювальних котелень загальною потужністю 16,6 МВт. Котельні оснащені водоگрійними котлами типу НІСТУ, ТВГ, КВГ, «Факел» (таблиця 1). В більшості котелень потужність встановленого обладнання перевищує приєднане теплове навантаження. Інвестиційна програма для модернізації котелень передбачає наступні заходи:

- відновлення роботи всіх необхідних складових теплових схем котелень: улаштування ліній рециркуляції та деаерації підживлювальної води; улаштування хімічної деаерації, як найбільш економічної та простої в експлуатації [4, 5];

- на котлах «Факел» передбачена заміна застарілих двоступеневих пальників на імпортні модульовані пальники;

- котли КВГ і ТВГ передбачено модернізувати в наступному обсязі [6]: модернізується повітропровід, повністю замінюється газове обладнання згідно вимог ДСТУ EN 676-2006 [7], тягодуттєві машини оснащуються інверторами;

- всі котли оснащуються утилізаторами теплоти димових газів за досвідом Запорізького концерну «Міські теплові мережі» [8];

- всі котельні підлягають повній автоматизації з можливістю працювати без постійної присутності обслуговуючого персоналу;

- в тих котельних, де навантаження на ГВП зовсім мале (близько 150-200 кВт) передбачається встановлення для покриття цього навантаження водогрійних котлів відповідної потужності;

- котли НІСТУ підлягають поступовій заміні на вітчизняні котли типу КСВа.

*Таблиця 1*

Встановлені та фактичні потужності котелень

№	Адреса котельні	Встановлена потужність, МВт	Приєднане навантаження, МВт
1	м. Лубни, вул. Чкалова, 17	17	15,6706836
2	м. Лубни, вул. Першотравнева, 34/6	19,5	7,84110004
3	м. Лубни, вул. Індустріальна, 9	2,12	1,01268116
4	м. Лубни, вул. Червоноармійська, 29в	5,103	5,12891332
5	м. Лубни, вул. Комсомольська, 42	20,08	10,3416958
6	м. Лубни, вул. П. Осипенка, 48В	16,48	4,34707448
7	м. Лубни, вул. Старо – Троїцька, 4а	4,47	2,93203224
8	м. Лубни, вул. Інститутська, 3а	6,45	2,88714488
9	м. Лубни, вул. П'ятикопа, 26а	7,845	2,37780396
10	м. Лубни, вул. Л. Толстого, 89	3,61	2,16063688
11	м. Пирятин, вул. Полтавська, 11	3,15	2,528481
12	м. Пирятин, вул. Пролетарська, 7в	2,52	1,4155596
13	м. Пирятин, вул. Червоноармійська, 66в	2,98	1,22448556
14	м. Гребінка, вул. Жовтнева, 3а	4,76	4,68944268
15	м. Гребінка, вул. Калініна, 17б	3,39	4,45781504
16	м. Гребінка, вул. Червоноармійська, 19а	1,13	0,322277
17	м. Хорол, вул. Шевченка, 19	16,6	4,66448876

Окрема програма стосується модернізації теплових мереж. Середній термін експлуатації теплових мереж для міста Лубни становить близько 20 років, при цьому частка трубопроводів теплових мереж з терміном служби понад 25 років складає до 50%, що викликає щорічне збільшення кількості аварій.

Вже сьогодні при заміні аварійних ділянок застосовуються або попередньоізольовані сталеві трубопроводи, або поліетиленові. В програмі прийнято і в подальшому проводити цю політику. Поліетиленові труби доцільно використовувати для заміни сталевих в мережах гарячого водопостачання, а також в мережах, які прокладено від котелень з котлами НІСТУ та «Факел-Г». Для мереж, приєднаних до котелень, обладнаних котлами КВГ та ТВГ, які спроможні працювати за температурним графіком 150/70°C, передбачається поступовий перехід на попередньоізольовані сталеві труби. Таке рішення не дозволить використовувати температурний графік 150/70°C, але вже сьогодні в цих мережах використовується графік 115/70°C через незадовільний стан існуючих мереж. По закінченні програми заміни труб в цих мережах буде підтримуватись температурний графік 130/70°C.

Програмою передбачено модернізацію теплових пунктів з переводом їх на незалежне підключення до теплових мереж через додатковий теплообмінник. Досвід використання такого технічного рішення в концерні «Міські теплові мережі» міста Запоріжжя виявився вдалим і економічно успішним. Автори розуміють, що при відносно невеликій кількості приєднаних до кожної котельні будівель більш раціональне рішення – це улаштування в кожній з них автоматизованого індивідуального теплового пункту, під'єданого до мережі за незалежною схемою. Але абонентські вводи в місті обслуговуються відповідною міською службою і відомчі бар'єри не дозволяють використати таке прийнятне рішення. Окремим напрямком програми є збільшення обсягу мереж, приєднаних до кожної котельні. Для кожної котельні, крім трьох, які обслуговують по декілька багатоквартирних будинків, оточених приватним сектором, розраховується оптимальний для її потужності і характеру приєданого навантаження, радіус дії [8] теплових мереж. Після цього результати порівнювались для сусідніх котелень та вибиралась одна із двох, що підлягає виводу з експлуатації. В результаті проведеної роботи виявилось, що три котельні можуть бути виведені з експлуатації.

Розроблення подібної програми може зайняти досить багато часу в залежності від потужності системи теплопостачання. Так, розроблення концепції програми для міста Лубни зайняло близько року сумісної плідної співпраці підприємства Лубнитеплокомуненерго з Київським національним університетом будівництва і архітектури. Було проведено великий обсяг приладових обстежень, розроблено багато обмірочних креслень для відновлення проектів, що були втрачені, проведений великий обсяг теплових та гідравлічних розрахунків. Виконано декілька реальних дипломних та магістерських робіт. З іншого боку для підприємства «Лубнитеплоенерго»



з'явилась можливість повного і глибокого уявлення щодо реального стану підприємства та перспектив успішного розвитку.

В більш широкому плані, узагальнюючи, можна зробити висновок, що системи централізованого теплопостачання малих міст мають свої особливості, які необхідно враховувати при розробці програми їх модернізації і розвитку. Корисну і практично реалізовану програму можна розробити тільки на основі глибокого вивчення всіх особливостей системи теплопостачання і відбору індивідуальних рішень для її оснащення.

## Література

1. Наказ Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України №147 від 26.04.2006 р. Про затвердження методичних рекомендацій з розроблення енерго- та екологоефективних схем теплопостачання населених пунктів України.

2. *Приймак О. В.* Аналіз технічних рішень, що пропонуються при розробці оптимізованих схем теплопостачання міст України. Науково-технічний збірник Енергозбереження в будівництві та архітектурі / *О. В. Приймак, П. М. Гламаздин* // Випуск 1 – К. : КНУБА, 2011, С. 112–114

3. Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України №630 від 14.12.2012 р. Про затвердження порядків розроблення, погодження та затвердження інвестиційних програм суб'єктів господарювання у сферах теплопостачання, централізованого водопостачання та водовідведення.

4. *Гламаздин П. М.* Економічні аспекти заміни вакуумної деаерації мережної води на хімічну деаерацію / *П. М. Гламаздин, Р. І. Петраш* // Житлово-комунальне господарство України №5, 2014. – С. 58–59

5. *Вітковський В. С.* Промывка тепловой сети и профилактика появления накипных отложений – эффективный способ энергосбережения в системе теплоснабжения / *В. С. Витковский, П. Й. Павленко, В. В. Бужинский, А. И. Огородничук, П. М. Гламаздин, К. А. Цикал* // Житлово-комунальне господарство України. 2013. – №3(48).

6. *Гламаздин П. М.* Оптимізація систем теплопостачання малих міст / *П. М. Гламаздин, Д. В. Приймак* // Муніципальна енергетика: проблеми, рішення, 6-а міжнародна технічна конференція.

7. ГОСТ 21563 – 82. Котлы водогрейные. Основные параметры и технические требования.

8. *Гламаздин П. М.* Досвід реалізації програми модернізації системи централізованого теплопостачання міста Запоріжжя / *П. М. Гламаздин, С. В. Фоміч* // Муніципальна енергетика: проблеми, рішення, 6-а міжнародна технічна конференція.

*Братенков В. Н.* Теплоснабжение малых населенных пунктов /

*В. Н. Братенков, П. А. Хаванов, Л. Я. Вэскер.* – М. : Стройиздат, 1988. – 223 с.

## **ПРОБЛЕМЫ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ МАЛЫХ ГОРОДОВ**

*Приймак Д. В., Гламаздин П. М.,  
Швачко Н. А.*

В статье рассмотрены пути решения проблем систем централизованного теплоснабжения, которые возникают в городах с населением до 100 000 жителей на примере города Лубны Полтавской области. Рассмотрена программа модернизации и развития системы теплоснабжения города, которая состоит из программы модернизации котельных, тепловых сетей и тепловых пунктов, а также пути разработки и реализации такой программы в современных условиях.

## **PROBLEMS OF MODERNIZATION OF DISTRICT HEATING FOR SMALL TOWNS**

*D. Pryimak, P. Glamazdin,  
N. Shvachko*

This article describes the solutions of the problems of district heating systems that occur in cities with a population of 100,000 inhabitants in the example of Lubny Poltava region. We consider the modernization and development of municipal heat supply system, which consists of the modernization program of boilers, heating systems and heating units, as well as ways to develop and implement such a program in the modern world.

## **ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТКИ ТЕПЛООВОГО НАВАНТАЖЕННЯ, ЩО ЗАМІЩУЄТЬСЯ ЕНЕРГІЄЮ СОНЦЯ ТА ВІТРУ ДЛЯ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З КОМБІНОВАНИМ СОНЯЧНО-ЕЛЕКТРИЧНИМ ПОВІТРОПІДГРІВАЧЕМ**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

*Розглянуто принципи розробки методики визначення частки теплового навантаження, що заміщується енергією сонця та вітру в залежності від технічних показників обладнання та кліматичних умов регіону використання системи теплопостачання з комбінованим сонячно-електричним повітряопігрівачем.*

Ефективне використання геліосистем теплопостачання в Україні обмежено рядом факторів: кліматична неоднорідність території; відсутність сучасних науково-інженерних напрацювань; технологічна відсталість провідних галузей промисловості; багаторічна недолугість державної енергетичної політики. Для підвищення доцільності використання сонячної енергії для систем теплопостачання необхідним є збільшити частку теплового навантаження споживача, що заміщується нетрадиційними безкоштовними джерелами енергії. Одним з шляхів для збільшення частки заміщення – є поєднання потенціалів сонячної та вітрової енергії для систем теплопостачання.

Приклад такої системи теплопостачання наведено на рис. 1. Перетворення сонячної та електричної енергії (від вітрогенератора) у теплову відбувається у комбінованому сонячно-електричному повітряопігрівачу (КСЕП) [1]. Відомо, що перетворення електричної енергії у теплову супроводжується значними втратами ексергії [2], проте у випадку з вітрогенератором миттєве перетворення електроенергії в корисне тепло без доведення її до прийнятих параметрів (220В, 50 Гц) чи акумулюванні є найбільш раціональним рішенням. Генератором теплоти у запропонованій системі є КСЕП 2. При недостатній енергетичній освітленості і швидкості вітру, абсорбер КСЕП догрівається за рахунок електромережі. При надмірному нагріві повітря направляється у акумулятор теплоти 5, заряджаючи його. В акумуляторі розташований випарник теплового насоса повітря-вода, що обслуговує систему гарячого водопостачання (ГВП), при роботі якого відбувається розрядка акумулятора. Регулювання потоків повітря здійснюється за рахунок заслінок з сервоприводами 3, керує якими оптимізатор 8. Загальне управління системою здійснює контролер 9.

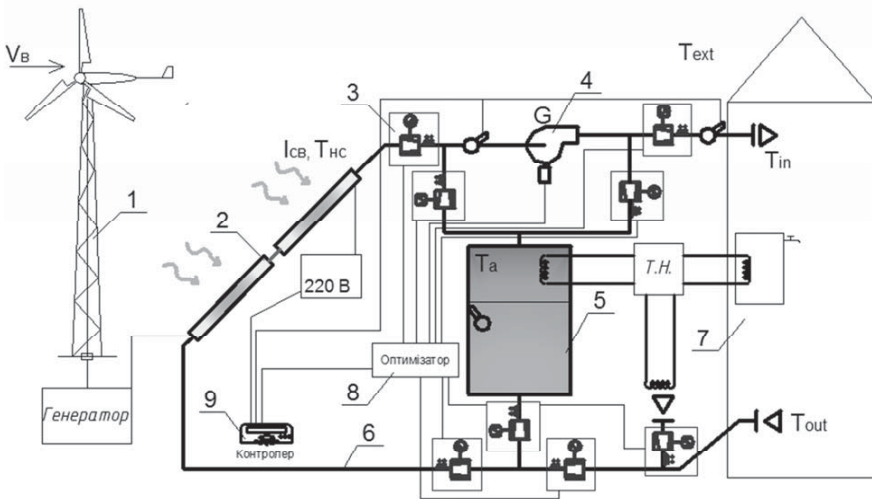


Рис. 1. Принципова схема системи теплопостачання з КСЕП (1-вітрогенератор, 2 – КСЕП, 3 – заслінки, 4 – вентилятор, 5 – акумулятор теплоти, 6 – повітровід, 7 – споживач, 8 – оптимізатор, 9 – контролер)

Для інженерного розрахунку системи теплопостачання з КСЕП основними енергетичними характеристиками є коефіцієнт заміщення  $f_{зам}$  (частка теплового навантаження споживача покрита за рахунок енергії сонця та вітру), коефіцієнт корисної дії системи  $\eta_{сис}$  та кількість зекономленого палива  $B$ . Безумовно головною характеристикою є  $f_{зам}$ , яка є визначальною для інших. По аналогії з відомим  $f$ -методом [3] для розробленої системи було введено безрозмірні параметри  $Z$  та  $J$ , які представляють собою відношення кількості поглинутого геліополем сонячного випромінювання і можливої виробки електроенергії вітрогенератором до теплового навантаження споживача за розрахунковий період [4]

$$Z = \frac{F_R \cdot A_{КСЕП} \cdot (\overline{\tau\alpha}) \cdot \overline{I_K} \cdot n}{E_{\Pi}}, \quad (1)$$

$$J = \frac{\overline{\rho_{\Pi}} \cdot \eta_{\Pi} \cdot \xi \cdot A_{БК} \cdot \overline{v_B^3} \cdot k_n \cdot n}{E_{\Pi}}, \quad (2)$$

де:  $A_{КСЕП}$  – площа геліополя,  $m^2$ ;  $\overline{\tau\alpha}$  – середній оптичний ККД КСЕП за розрахунковий період;  $\overline{I_K}$  – середня інтенсивність сонячного випромінювання за розрахунковий період,  $Вт/м^2$ ;  $n$  – кількість годин розрахункового періоду, год;  $E_{\Pi}$  – теплове навантаження споживача за розрахунковий період, Дж;  $\overline{\rho_{\Pi}}$  – середня густина повітря за розрахунковий період,  $кг/м^3$ ;  $A_{БК}$  – площа обдуву вітрового колеса,  $m^2$ ;  $\eta_{\Pi}$  – ККД вітрогенератора ( $\eta_{\Pi} \approx 0,85$ );  $\xi$  – коефіцієнт використання вітру ( $\xi \approx 0,4$ );  $k_n$  – коефіцієнт, що залежить від висоти розміщення вітрового колеса.

Для кожного значення коефіцієнту  $f$  було вибрано два значення параметрів  $Z_i J$ , що розраховуються по формулам (1) та (2). В результаті для різноманітних періодів року зіставлено безліч двовірних таблиць, що мають вигляд як в табл.1 і відображують залежність коефіцієнту заміщення від параметрів  $Z$  та  $J$ [5].

Таблиця 1

Загальний вигляд двовірної таблиці, що показують залежність  $f$  від  $Z$  та  $J$ .

	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	...	$Z_k$
$J_1$	$f_{11}$	$f_{12}$	$f_{13}$	...	$f_{1k}$
$J_2$	$f_{21}$	$f_{22}$	$f_{23}$	...	$f_{2k}$
$J_3$	$f_{31}$	$f_{32}$	$f_{33}$	...	$f_{3k}$
$J_4$	$f_{41}$	$f_{42}$	$f_{43}$	...	$f_{4k}$
...	...	...	...	...	...
$J_n$	$f_{n1}$	$f_{n2}$	$f_{n3}$	...	$f_{nk}$

На рисунку 2 показано графік залежності коефіцієнту заміщення від параметрів  $Z$  і  $J$  побудований для системи тепlopостачання з комбінованим сонячно-електричним повітропідігрівачем при кліматичних умовах Київської області.

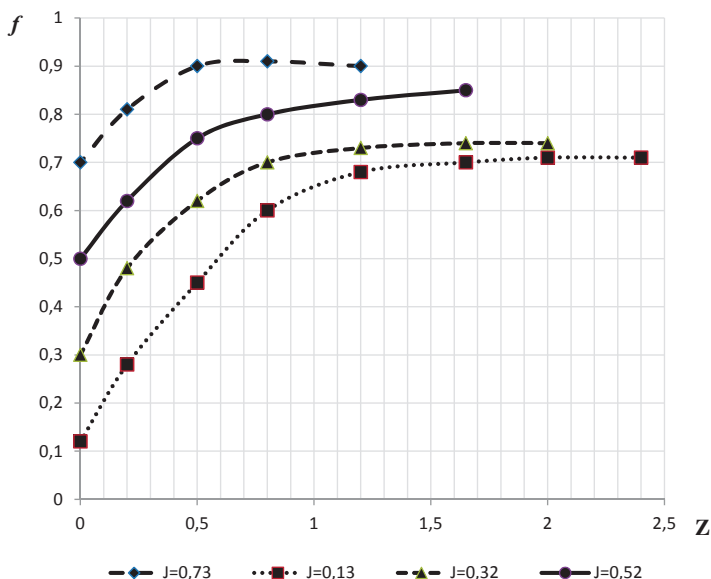


Рис. 1. Графік залежності коефіцієнту заміщення системи тепlopостачання с КСЕП від параметрів  $Z$  та  $J$ .

При подальших дослідженнях було встановлено, що значення коефіцієнту  $f$  достатньо добре апроксимуються рівнянням вигляду

$$f = c_1 + c_2 J - c_3 J^2 + (c_4 J - c_3) \exp(-(c_5 J^2 + c_6) \cdot Z), \quad (3)$$

де:  $c_n$  – коефіцієнти, що змінюються в залежності від пори року (табл.2) для конкретного природного регіону.

Таблиця 2

Значення коефіцієнтів  $a_n$  в залежності від періоду року для Київської обл.

Розрахунковий період	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_4$	$c_5$	$c_6$
Січень	0,43	0,61	0,42	0,22	$4 \cdot U_0^{-0,55}$	$3,4 \cdot U_0^{-0,55}$
Лютий	0,51	0,45	0,33	0,3	$4 \cdot U_0^{-0,42}$	$2,7 \cdot U_0^{-0,43}$
Березень	0,62	0,42	0,18	0,45	$4 \cdot U_0^{-0,24}$	$2,9 \cdot U_0^{-0,4}$
Квітень	0,85	0,25	0,12	0,78	$4,8 \cdot U_0^{-0,3}$	$2,2 \cdot U_0^{-0,35}$
Травень	0,87	0,15	0,06	0,84	$5 \cdot U_0^{-0,24}$	$2,3 \cdot U_0^{-0,26}$
Червень	0,97	0,13	0,07	0,84	$5,9 \cdot U_0^{-0,31}$	$1,7 \cdot U_0^{-0,23}$
Липень	0,88	0,1	0,03	0,85	$4,8 \cdot U_0^{-0,24}$	$1,4 \cdot U_0^{-0,2}$
Серпень	0,85	0,13	0,03	0,8	$4,7 \cdot U_0^{-0,22}$	$1,8 \cdot U_0^{-0,24}$
Вересень	0,77	0,33	0,15	0,68	$4,4 \cdot U_0^{-0,28}$	$2,3 \cdot U_0^{-0,34}$
Жовтень	0,58	0,55	0,2	0,5	$1,4 \cdot U_0^{-0,39}$	$2,7 \cdot U_0^{-0,34}$
Листопад	0,4	0,57	0,38	0,32	$5 \cdot U_0^{-0,48}$	$3,4 \cdot U_0^{-0,36}$
Грудень	0,27	0,42	0,42	0,23	$3,7 \cdot U_0^{-0,27}$	$3,2 \cdot U_0^{-0,52}$
Рік	0,73	0,43	0,18	0,59	$4,4 \cdot U_0^{-0,34}$	$2,4 \cdot U_0^{-0,35}$

Величина  $U_0$ , що входить в коефіцієнт  $c_5$  та  $c_6$  відображає теплотехнічну досконалість сонячного повітропідігрівача і визначається з формули[6]

$$U_0 = \frac{U_L}{(\tau\alpha)}, \quad (4)$$

де:  $U_L$  – коефіцієнт теплових втрат сонячного повітропідігрівача, Вт/(м<sup>2</sup>К).

Отже в основу розрахунку системи теплопостачання з комбінованим сонячно-електричним повітропідігрівачем лягає залежність (3), за допомогою якої можна розв'язувати пряму та обернену задачу розрахунку системи теплопостачання з КСЕП. Пряма задача: при відомих технічних характеристиках системи і для певного розрахункового періоду визначаються параметри  $Z$  та  $J$ , після чого обчислюється коефіцієнт заміщення теплового навантаження споживача енергією сонця та вітру. Обернена задача: визначення необхідної площі геліополя КСЕП та обдуваної площі вітроколеса для забезпечення заданого коефіцієнту заміщення  $f_z$  за розрахунковий період.

## Література

1. Пасічник П. О. Сонячно-електричний повітряний тепловий колектор / П. О. Пасічник // Патент України на корисну модель №97541 від 25.03.2015 р., Бюл. №6.

2. *Бродянский В. М.* Эксергетический метод и его приложения / *В. М. Бродянский, В. Фратшер, К. Михалек* // Энергоатомиздат. – М. : Энергоатомиздат, 1988 г. – 294 с.
3. *Бекман У. и др.* Расчет систем солнечного теплоснабжения / Пер. С англ. – Москва : Энергоиздат, 1982. – 80 с.
4. *Шерьязов С. К.* Совершенствование метода расчета теплоэнергетической системы, основанной на солнечной и ветровой энергии / *С. К. Шерьязов, Р. А. Ахметжанов* // Вестник ЧГАУ, – Челябинск, 2005, т. 44, с.143–146.
5. *Ахметжанов Р. А.* Повышение эффективности использования солнечной и ветровой энергии для теплоснабжения сельскохозяйственных потребителей / *Р. А. Ахметжанов* // Автореферат дис....канд.техн.наук: 05.20.02., Челябинск, 2005. – 29 с.
6. *Валов М. И., Казанджан Б. И.* Использование солнечной энергии в системах теплоснабжения / *М. И. Валов, Б. И. Казанджан* // Монография. – М. : Изд-во МЭИ, 1991. – 140 с.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЛИ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ ЗАМЕЩАЕМОЙ ЭНЕРГИЕЙ СОЛНЦА И ВЕТРА ДЛЯ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С КОМБИНИРОВАННЫМ СОЛНЕЧНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЕМ**

*Приймак А. В., Пасечник П. А., Билан Р. В., Нагорный А. С.*

Рассмотрено принцип разработки методики определения доли тепловой нагрузки замещаемой энергией солнца и ветра в зависимости от технических показателей оборудования и климатических условий региона использования системы теплоснабжения с комбинированным солнечно-электрическим воздухоподогревателем.

## **DETERMINATION OF SHARE HEAT VOLUME REPLACES SOLAR AND WIND FOR HEATING SYSTEM WITH COMBINED SOLAR- ELECTRIC AIR HEATER**

*A. Priymak, P. Pasichnik, R. Bilan, A. Nagorniy*

The principles of the development of methods for determining the proportion of the heat volume of the replaced solar and wind energy, depending on the technical parameters of the equipment and the climatic conditions of the region use the heating system with a combined solar-electric air heater.

## ЗОНИ ПОВЕРХОНЬ ПАНОРАМИ ТА ФОРМИ ОБЛАСТЕЙ ЦИЛІНДРИЧНОГО СВІТЛОПРОРІЗУ, ЩО ЇХ ОСВІТЛЮЮТЬ

*Національний університет водного господарства  
та природокористування, Україна*

*Робота присвячена зонуванню поверхонь панорами та визначенню областей циліндричного світлопрорізу, які освітлюють їх природнім світлом від небозводу. У статті показано форми областей і описано їх границі.*

**Постановка проблеми.** Особливе місце серед експозиційно-виставкових залів займають панорами. Панорама – це картина великих розмірів з рельєфним предметним планом, розташованим на підлозі перед картиною. Її розміщують всередині круглого освітленого приміщення. Глядач в панорамі знаходиться в центрі подій, що зображуються, і для огляду експозиції переміщається по колу оглядової площадки. Прикладами панорам є «Оборона Севастополя» (Севастополь), «Бородінська битва» (Москва) та інші.

Важливу роль в панорамах віддається освітленню. Повнота та комплексність сприйняття зображення панорами залежить від контрасту освітленості живописного полотна та оглядової площадки (площадка для глядачів має понижену освітленість). Потрібно забезпечити таку освітленість в панорамі, при якій можна розглянути не тільки деталі на картині та предметному плані, а й повністю передати кольорову гаму, уникнути появи відблисків, тіней і засліплюючої дії світла. Освітлення живописного полотна відбувається за рахунок відбитого світла від всіх поверхонь панорами [2, 3]. Для розрахунку відбитого світла на поверхні експозиції та предметного плану необхідно визначити пряму освітленість від небозводу на всіх поверхнях панорами.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Аналіз показав, що в літературі відсутні публікації щодо зонування поверхонь та моделювання освітленості в будівлі панорами. Лише у роботі [4] авторами визначено зонування поверхонь панорами і показано області інтегрування для трьох із семи поверхонь будівлі панорами, що освітлюються прямим світлом від небозводу. Проте отриманих результатів є недостатньо щоб змодельовати пряму природну освітленість в будівлі панорами. Метод, наведений у нормах проектування [1], не дозволяє визначити пряму освітленість поверхонь панорами, оскільки він є коректним лише для прямокутних вертикальних світлопрорізів, в ньому наближено враховується яскравість небозводу, він не дозволяє розрахувати інтегральні характеристики світлового поля, зокрема, світловий вектор.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Метою роботи є розробка зонування поверхонь панорами та описання областей інтегрування по



світлопрорізу для подальшого визначення прямої природної освітленості від небозводу всіх поверхонь панорами.

**Основна частина.** В будівлі панорами (рис. 1) пряме світло від небозводу, через циліндричний світлопроріз у вертикальний огороджувальний конструкції товщиною  $t$ , освітлює сім поверхонь. Це:

- конічна поверхня зонта-рефлектора 1;
- циліндрична поверхня зонта-рефлектора 2;
- конічна поверхня оглядової площадки 3;
- циліндрична поверхня оглядової площадки 4;
- горизонтальна площина оглядової площадки 5;
- горизонтальна площина предметного плану 6;
- циліндрична поверхня предметного плану 7.

Оскільки поверхні, що освітлюються прямим світлом є поверхнями обертання (рис. 1), то моделювати освітленість будемо вздовж їх твірних в площині  $X = 0$ .

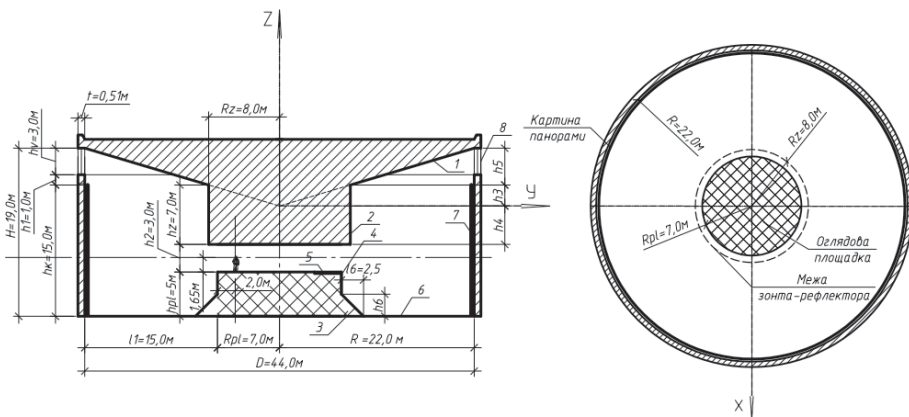


Рис. 1. Схема будівлі панорами.

- 1 – конічна поверхня зонта-рефлектора; 2 – циліндрична поверхня зонта-рефлектора;  
 3 – конічна поверхня оглядової площадки; 4 – циліндрична поверхня оглядової площадки; 5 – горизонтальна площина оглядової площадки; 6 – горизонтальна площина предметного плану; 7 – циліндрична поверхня предметного плану; 8 – світлопроріз

Залежно від положення розрахункової точки на твірній видима із неї область світлопрорізу змінює свою форму. Освітленість в розрахунковій точці визначається інтегруванням по згаданій області. Тому і виникає задача: для кожної внутрішньої поверхні панорами вздовж твірних визначити кількість зон та їх границі, при переході через які змінюється форма областей інтегрування, а також – описати границі відповідних областей інтегрування. Таким чином, зона – це частина твірної поверхні панорами, що освітлюється прямим світлом від

необов'язково, для всіх розрахункових точок якої область інтегрування має аналогічну форму.

За браком місця не описуватимемо визначені границі зон, а будемо говорити лише про границі областей інтегрування. Нумерація зон двохцифрова, перша цифра показує номер поверхні панорами (згідно рисунка 1), друга – її порядковий номер на твірній.

Опишемо області інтегрування для розрахункових точок, розміщених на твірній конічної поверхні оглядової площадки 3. Залежно від положення розрахункової точки виникає дві зони, і, відповідно, дві області інтегрування. Для розрахункових точок зони 3.1 видимі область світлопрорізу обмежують дві вертикальні площини, що інцидентні розрахунковій точці і дотикаються до циліндра оглядової площадки, та горизонтальні площини, інцидентні верхній та нижній кромкам вікна (рис. 2). На рисунку 2 видиму область інтегрування показано білим кольором. Для розрахункових точок зони 3.2 окрім чотирьох описаних вище площин видимі частину світлопрорізу обмежує крива 4-го порядку (рис. 3), яка є результатом перетину двох поверхонь, а саме: конічної поверхні (конус з вершиною у розрахунковій точці і напрямною – колом верхньої основи циліндра оглядової площадки) та циліндричної поверхні світлопрорізу.

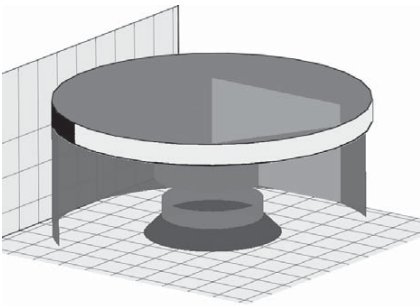


Рис. 2. Область інтегрування для розрахункових точок зони 3.1 на твірній конічної поверхні оглядової площадки

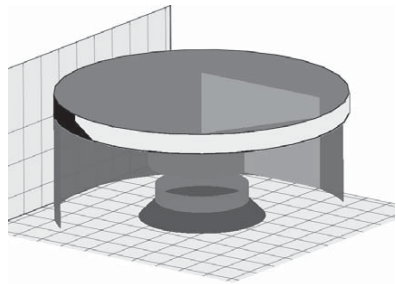


Рис.3. Область інтегрування для розрахункових точок зони 3.2 на твірній конічної поверхні оглядової площадки

Опишемо області інтегрування для розрахункових точок, розміщених на кільці горизонтальної площини оглядової площадки 5. Для розрахункових точок зони 5.1 видимі частину світлопрорізу обмежують: горизонтальна площина, інцидентна нижній кромці вікна, та крива 4-го порядку, яка є результатом перетину двох поверхонь: конічної (конус з вершиною у розрахунковій точці і напрямною – колом основи циліндра зонта-рефлектора) та циліндричної поверхні світлопрорізу (рис. 4). Розрахункові точки, розміщені в зоні 5.2, освітлюються областю світлопрорізу, обмеженою зверху та знизу горизонтальними площинами, інцидентними нижній та верхній кромкам вікна, по боках – згаданою вище кривою 4-го порядку (рис. 5).

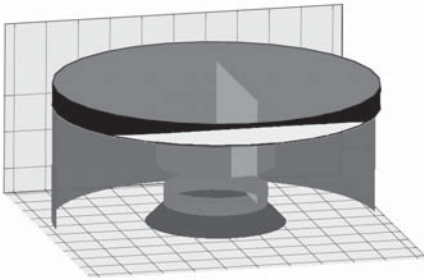


Рис. 4. Область інтегрування для розрахункових точок зони 5.1 на кільці горизонтальної площини оглядової площадки

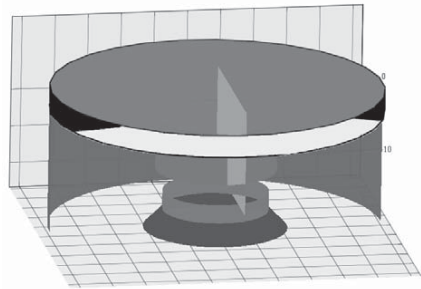


Рис. 5. Область інтегрування для розрахункових точок зони 5.2 на кільці горизонтальної площини оглядової площадки

Для розрахункових точок, розміщених на кільці горизонтальної площини предметного плану 6, видиму із розрахункової точки частину поверхні світлопрорізу обмежують:

- дві вертикальні площини, що дотикаються до циліндричної поверхні зонта-рефлектора;
- дві вертикальні площини, що дотикаються до циліндричної поверхні оглядової площадки;
- конус з вершиною у розрахунковій точці і напрямною – колом основи циліндра зонта-рефлектора;
- конус з вершиною у розрахунковій точці і напрямною – колом верхньої основи циліндра оглядової площадки;
- горизонтальні площини, інцидентні верхній та нижній кромкам світлопрорізу.

Залежно від положення розрахункової точки виникає п'ять зон та, відповідно, п'ять областей інтегрування, які поступово змінюють одна одну із переміщенням розрахункової точки вздовж осі  $Y$  в напрямку світлопрорізу. У зоні 6.1 видиму частину світлопрорізу обмежують дві вертикальні площини, що інцидентні розрахунковій точці і дотикаються до циліндра оглядової площадки, та дві горизонтальні площини, інцидентні верхній та нижній кромкам вікна, тобто її форма аналогічна формі області інтегрування, показаної на рисунку 2 (як для зони 3.1 кінчної поверхні оглядової площадки). Для розрахункових точок зони 6.2 видима частина світлопрорізу, окрім чотирьох згаданих вище площин, додатково «обрізується» кривою 4-го порядку, як і для розрахункових точок зони 3.2 кінчної поверхні оглядової площадки (рис. 3). На рисунку 6 показано область інтегрування для розрахункових точок зони 6.3. Область інтегрування обмежують дві горизонтальні площини, інцидентні верхній та нижній кромкам вікна, та дві кривих 4-го порядку, що утворюються в результаті перетну конусів з вершинами у розрахунковій точці і, для першого конуса напрямною – колом основи циліндра зонта-рефлектора, для другого –

колом верхньої основи циліндра оглядової площадки. Для розрахункових точок зони 6.4 перетин вищеописаних конусів проходить нижче нижньої кромки світлопрорізу, тому область інтегрування матиме форму, зображену на рисунку 7. У зоні 6.5 додатково, порівняно із зоною 6.4, область інтегрування «обрізують» дві вертикальні площини, що дотикаються до циліндричної поверхні зонта-рефлектора (рис. 8).

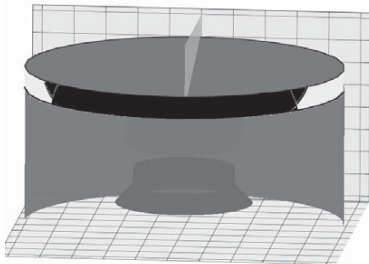


Рис. 6. Область інтегрування для розрахункових точок зони 6.3 на кільці горизонтальної площини предметного плану

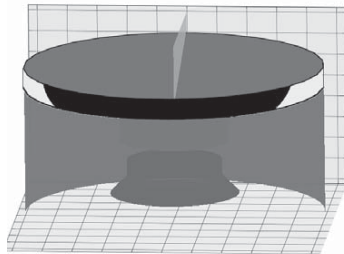


Рис. 7. Область інтегрування для розрахункових точок зони 6.4 на кільці горизонтальної площини предметного плану

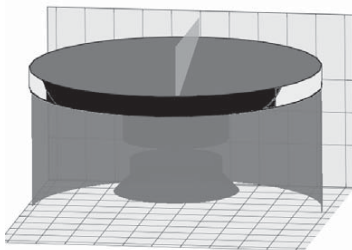


Рис. 8. Область інтегрування для розрахункових точок зони 6.5 на кільці горизонтальної площини предметного плану

Опишемо області інтегрування для розрахункових точок, розміщених на твірній циліндричної поверхні предметного плану 7. Залежно від положення розрахункової точки виникає три зони, і, відповідно, три області інтегрування. Для всіх розрахункових точок зони 7.1 область інтегрування являє собою частину поверхні циліндричного світлопрорізу (рис. 9), що зверху обмежена колом (крива перетину циліндра вікна та горизонтальної площини  $z = h3 + h5$ , що проходить по верху світлопрорізу), знизу – колом (крива перетину циліндра вікна та горизонтальної площини  $z = h3 + h1$ , що проходить по низу світлопрорізу), по боках – еліпсом (крива перетину циліндра вікна та площини, дотичної до конуса зонта-рефлектора вздовж твірної 1).

Точки зони 7.2 освітлюються областю світлопрорізу, обмеженою зверху та знизу згаданими вище колами, а по боках – еліпсом (крива перетину циліндра вікна та площини, дотичної до конуса зонта-рефлектора вздовж твірної 1) та двома вертикальними площинами, що дотикаються до циліндричної поверхні зонта-рефлектора (рис.10). Розрахункові точки в зоні 7.3 освітлюються частиною світлопрорізу, яку обмежують вертикальні площини, що дотикаються до циліндра зонта-рефлектора та кола, інцидентні верхній та нижній кромці світлопрорізу (рис. 11).

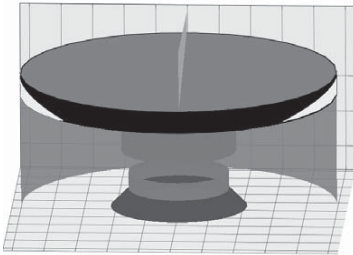


Рис. 9. Область інтегрування для розрахункових точок зони 7.1 на твірній циліндричної поверхні предметного плану

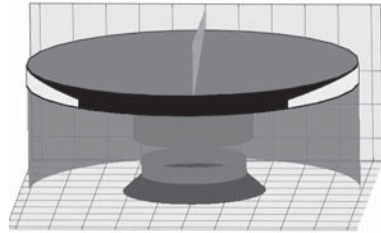


Рис. 10. Область інтегрування для розрахункових точок зони 7.2 на твірній циліндричної поверхні предметного плану

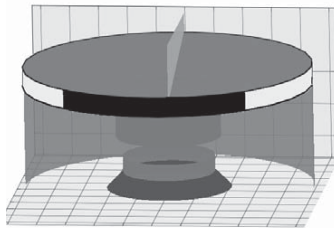


Рис. 11. Область інтегрування для розрахункових точок зони 7.3 на твірній циліндричної поверхні предметного плану

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Розроблене зонування і опис областей інтегрування дозволить визначити світловий вектор і освітленість поверхонь панорами прямим світлом від небозводу, а далі дасть можливість змодельовати освітленість експозиції з урахуванням багаторазового відбивання світла.

## Література

1. Державні будівельні норми України./ДБН В.2.5.-28-2006 / Інженерне обладнання будинків та споруд. Природне і штучне освітлення.

2. Катернога М. Т. Архитектура музейных и выставочных зданий. / М. Т. Катернога // Киев: издательство Академии Архитектуры Украины. – 1952. – 123 с.

3. Рекомендации по проектированию музеев / Центральный научно-исследовательский и проектный институт типового и экспериментального проектирования комплексов и зданий культуры, спорта и управления им. Б. С. Мезенцева// Москва : Стройиздат. – 1988.

4. Пугачов Є. В. Зонування поверхонь панорами і визначення областей інтегрування для моделювання їх (поверхонь) природної освітленості / Є. В. Пугачов, Л. С. Савчук // Науковий журнал «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво», №19, 2015 р. – С. 138–141.

## **ЗОНЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПАНОРАМЫ И ФОРМЫ ОБЛАСТЕЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО СВЕТОПРОЕМА, КОТОРЫЕ ИХ ОСВЕЩАЮТ**

***Пугачев Е. В., Савчук Л. С.***

Работа посвящена зонированию поверхностей панорамы и определению областей цилиндрического светопроема, которые освещают их естественным светом от облачного неба. В статье показаны формы областей и описаны их границы.

## **ZONES OF PANORAMA`S SURFACES LIT BY AREAS` FORMS OF CYLINDRICAL LIGHT APERTURE**

***Ev. Pugachov, L. Savchuk***

The work is dedicating to zoning pan surfaces and the determination of cylindrical light aperture areas, that illuminate them with natural light from a cloudy sky. In the article are shown the areas` forms and described their ambits.

## ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТЛОКЛІМАТИЧНОГО РАЙОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ НА ОСНОВІ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ДАНИХ ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

*На основі прийнятого у 2010 р. стандарту ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» та результатів моделювання спектральної щільності світлового сонячного потоку проведено дослідження світлокліматичного районування території України за сумарною горизонтальною освітленістю. Отримані дані щодо світлових еквівалентів розсіяної, прямої та сумарної сонячної радіації для міст України.*

**Постановка проблеми.** Як відомо, розділ будівельної кліматології є складовою і невід'ємною частиною як будівельної фізики окремо, так і архітектурного проектування в цілому. Вивчення світлових характеристик атмосфери із прив'язкою до конкретної місцевості призводить до світлокліматичного районування території. Не винятком є і Україна для якої, за умов безупинного розвитку будівельної кліматології та нових можливостей у моделюванні спектрального складу світлового потоку, актуальним є подальше дослідження районування територій на основі кліматологічних даних у ДСТУ «Будівельна кліматологія» [1] за світловими величинами сумарного потоку сонячного випромінювання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вперше світлокліматичне районування території України було проведено у складі загального визначення світлокліматичних зон території СРСР. Дослідження та розмежування проводилось за методикою М. М. Гусева [2], відповідно до якої основним критерієм районування є кількість середньорічного зовнішнього дифузного освітлення на горизонтальній площині під повністю відкритим небосхилом протягом 1 години за період використання в приміщенні природного світла:

$$E_{cp} = \frac{\sum_{pik} (E - E_{kp})}{\sum_{pik} T}, \quad (1)$$

де  $E_{cp}$  – середньорічна освітленість – критерій районування, Лк;

$E$  – зовнішня освітленість горизонтальної поверхні, Лк;

$E_{kp}$  – критична зовнішня освітленість, Лк;

$T$  – тривалість використання природного освітлення – різниця в часі між настанням критичної освітленості вранці та ввечері, год.

Остаточне світлокліматичне районування відбувається за визначенням коефіцієнту світлового клімату  $m$  [3] у відповідності до еталонної на той час середньої освітленості у Москві  $E_{cp}^M$  (приймалась рівній 1, рис. 1). За даним районуванням Україна мала лише 2 світлокліматичних райони.



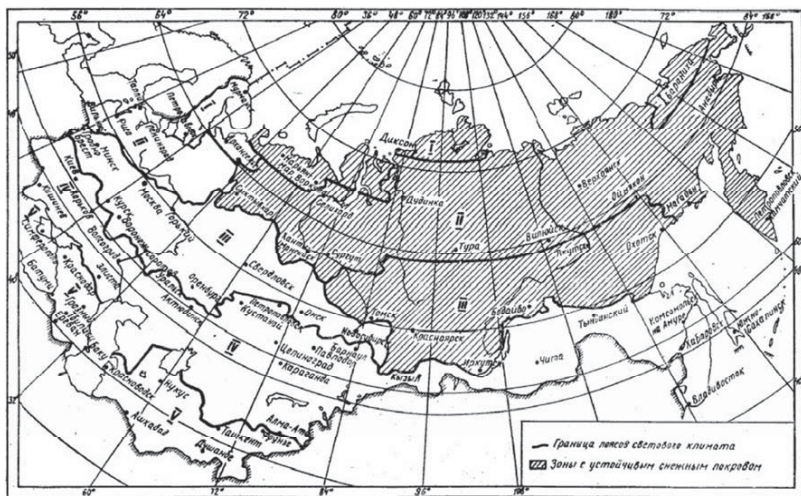


Рис. 1. Карта світлокліматичного районування території СРСР, М.М.Гусев, 1975р.

В 2000р. на основі запропонованої у [4] методики та наявних станом на 1990 р. кліматологічних даних щодо природної освітленості, В. О. Єгорченковим вперше була запропонована нова більш детальна карта районування [4]. Відповідно до цього дослідження впроваджувався розподіл території України не на 2, а на 4 світлокліматичні райони, що точніше характеризує різноманіття наявного світлового клімату країни (рис. 2).



Рис. 2. Карта світлокліматичного районування території України, В.О. Єгорченков, 2000р.



Пізніше, в 2011р., О. В.Сергейчук запропонував нову карту світлокліматичного районування на основі метеорологічних даних сумарної енергетичної освітленості за ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» (рис. 3). Наразі дана карта стандартизована у ДБН В.2.5-28:2006 [5] та також розділяє країну на 4 райони, але базовим є 4-ий, південний з коефіцієнтом світлового клімату  $m = 1$ .



Рис. 3. Карта світлокліматичного районування території України, О. В.Сергейчук, 2011р.

**Постановка задачі.** На основі кліматологічних даних за ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 та існуючої методики переведення енергетичних світлових величин до світлових провести уточнення світлокліматичного районування території України.

**Основна частина.** Як зазначалось, наразі для світлокліматичного районування були використані наявні в ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 дані щодо горизонтальної сумарної освітленості за умов дійсної хмарності. Але з огляду на відсутність даних було прийнято припущення щодо світлового еквіваленту між енергетичними та світловими величинами. Але оскільки світловий еквівалент залежить від фізико-хімічного складу атмосфери в конкретному пункті, а також відрізняється для розсіяної та прямої радіації, характер розподілу світлових величин в містах може відрізнятися від енергетичного. Наразі моделювання спектральної щільності сонячної радіації та запропонований спосіб переведення кліматологічних даних з енергетичних до світлових надають змогу більш детального дослідження розподілу світлового потоку по території України та можливого уточнення наявного світлокліматичного районування.

Відповідно до [6] основоположним рівнянням взаємозв'язку між світловими та енергетичними величинами для світлового потоку  $\Phi_v$  за умов денного зору є:

$$\Phi_v = K_m \times \int_0^{\infty} \Phi_{e,\lambda}(\lambda) \times V(\lambda) d\lambda, \quad (2)$$

де  $\Phi_v$  – світловий потік – величина, яка утворюється від потоку енергетичного випромінювання  $\Phi_e$  за оцінкою випромінювання за його дією на стандартного фотометричного спостерігача СІЕ, лм;

$K_m$  – максимальна світлова ефективність випромінювання для умов денного зору, лм×Вт<sup>-1</sup> ( $K_m = 683$  лм×Вт<sup>-1</sup> та відповідає хвилі  $\lambda_{\max} = 555.016$  нм [6]);

$\Phi_{e,\lambda}(\lambda)$  – спектральна щільність світлового потоку при довжині хвилі  $\lambda$ , Вт;

$V(\lambda)$  – відносна спектральна світлова ефективність монохроматичного випромінювання для денного зору при довжині хвилі  $\lambda$ .

Оскільки значення відносної спектральної світлової ефективності  $V(\lambda)$  добре досліджені та стандартизовані МКО у вигляді таблиць для кожної цілої одиниці довжини хвилі, та факт, то рівняння (2) можна використати для основних енергетичних величин, при цьому відношення  $E_{es}$  до  $E_{vs}$  для видимого спектру приймає вигляд:

$$E_{vs} = K_m \times \sum_{i=1}^n E_{es,\lambda i} \times V_{\lambda i} \Delta\lambda, \quad (3)$$

де  $n$  – кількість ділянок спектру, на яку розбита видима частина спектру;

$E_{es,\lambda i}$  – значення спектральної щільності опромінення для середини  $i$ -ої ділянки, Вт×м<sup>-2</sup>×нм<sup>-1</sup>;

$V_{\lambda i}$  – відносна спектральна світлова ефективність для середини  $i$ -ої ділянки;

$\Delta\lambda$  – ширина спектрального інтервалу, нм;

Оскільки для подальших розрахунків використовуються дані прямої сонячної радіації, для якої розподіл спектральної щільності опромінення невідомий, пропонується  $E_{es,\lambda i}$  замінити наступним виразом:

$$E_{es,\lambda i} = \left( \frac{E_{es}}{n} \right) \times \phi_{\lambda i}, \quad (4)$$

де  $\phi_{\lambda i}$  – відносна спектральна щільність опромінення для середини  $i$ -ої ділянки.

Спектральна щільність потоку  $\Phi_{e,\lambda}(\lambda)$  може моделюватися за нормативом ДСТУ ISO9845-1:2010 (ISO 9845-1:1992, IDT) «Енергія сонячна. Стандартний спектральний розподіл потоку сонячного випромінювання на поверхні землі при різних умовах надходження. Частина 1. Пряме перпендикулярне та напівсферичне випромінювання для маси атмосфери 1,5». Але, з огляду на те, що на момент написання дослідження стандарт не виданий, в даній роботі використовується базовий стандарт – ASTM G159-1998 (він же ДСТУ ISO 9845-1:2010) та новий більш точний норматив ASTM G173-03-2012 [7], прийняті Американською асоціацією тестування матеріалів (ASTM).

Модель розповсюдження сонячної радіації крізь атмосферу базується на параметризації функцій світлопропускання та поглинання атмосферними часточками включаючи молекулярне розсіювання за формулою Релея, вплив концентрацій озону, водяного пару, суміші газів та аерозолю.

На даний момент розрахунки по стандарту ASTM G173-03-2012 автоматизовані у ППП «SMARTS», розробленого Національною лабораторією відновлювальної енергетики (NREL) спільно з енергоцентром Флориди, США. Даний комплекс надає змогу моделювати дифузний, прямий та сумарний світловий потік у діапазоні, на який припадає 99% сонячного випромінювання - від 280 нм до 4000 нм.

Спектральна щільність випромінювання отримана для горизонтальної площини на основі вихідних умов о 9<sup>00</sup> годині 15.VI та 15.XII для обласних населених пунктів України на основі кліматологічних даних середньоденної температури, вологості та загальної хмарності за [1]. Тип атмосфери, об'ємні долі складових речовин (водяна пара, озон, оксид вуглецю), модель атмосферного аерозолю та оптична проникність прийняті на основі низки міжнародних стандартів та супутникових даних. Результати моделювання розподілу наведені в [8].

На основі графіків відносного спектрального складу сонячного випромінювання виведені таблиці з коефіцієнтами спектральної щільності потоку для 15 червня та 15 грудня. Значення відносного розподілу спектру для інших розрахункових днів отримуються шляхом лінійного інтерполювання. Таким чином, підставивши у формулу (4) коефіцієнти спектральної щільності потоку та коефіцієнти відносної спектральної світлової ефективності сонячного випромінювання, прийняті за ISO 11664-1:2007(E) для стандартного кольориметричного спостерігача CIE 1931, були отримані значення світлових величин дифузного, прямого та сумарного сонячного освітлення горизонтальної площини для 25 обласних центрів України. Також розраховані світлові еквіваленти між енергетичними та світловими величинами. Деякі результати наведені у (табл. 1, 2).

*Таблиця 1*

Середньомісячне розсіяне, пряме та сумарне світлове випромінювання  
в деяких містах України

№ п/п	Назва міста	Місяць	Світлова величина, Лк		
			Розсіяна	Пряма	Сумарна
1	Чернівці	I	6368.37	1720.21	11435.3
		II	9384.95	7124.28	20585.6
		III	13137.1	13790.9	33099.8
		IV	14189.4	20013.5	41215.6
		V	15046.1	27726.1	50317.8
		VI	16215.1	28882.6	53738.6
		VII	15458.6	28280.2	52256.6
		VIII	14186.9	27703.2	49295.8
		IX	12331.8	19130.1	37883.1
		X	8936.14	10297.8	23811.3
		XI	5674.34	3482.40	12012.7
		XII	4753.50	1938.61	8867.78

		<b>Середньорічна</b>	<b>11306.9</b>	<b>15840.8</b>	<b>32876.7</b>
2	Сімферополь	I	6898.41	5225.02	16722.2
		II	10518.2	10098.5	26450.9
		III	13086.7	17641.5	37525.5
		IV	15563.1	26704.4	50316.8
		V	15342.7	36382.8	59291.9
		VI	15031.1	40908.0	63264.2
		VII	14147.6	42480.9	63624.3
		VIII	13697.9	37449.1	57811.7
		IX	12368.1	32040.1	50331.6
		X	10551.4	21354.6	37141.5
		XI	7733.10	9290.49	21123.8
		XII	6112.16	5123.10	14659.9
		<b>Середньорічна</b>	<b>11754.2</b>	<b>23724.9</b>	<b>41522</b>

Таблиця 2

Середньорічне розсіяне, пряме та сумарне світлове випромінювання  
в містах України

№ п/п	Назва міста	Світлова величина, Лк		
		Розсіяна	Пряма	Сумарна
1	Вінниця	11795.4	16024.3	33670.2
2	Дніпропетровськ	11608.1	20096.2	37564.6
3	Донецьк	11227.9	20184.1	37416.2
4	Житомир	11492.0	15324.4	32622.5
5	Запоріжжя	11975.1	20457.9	38183.6
6	Івано-Франківськ	11880.5	14038.6	31987.2
7	Київ	11705.6	16520.1	34109.9
8	Кіровоград	12168.2	19609.0	37670.6
9	Луганськ	11210.2	19667.8	36766.3
10	Луцьк	11369.6	13277.1	30406.1
11	Львів	11402.8	13442.5	30597.6
12	Миколаїв	12659.1	21866.7	41135.2
13	Одеса	11603.3	23607.5	40981.6
14	Полтава	11487.4	18895.2	36314.0
15	Рівне	11381.9	13792.4	30920.1
16	Сімферополь	11754.2	23724.9	41522.0
17	Суми	11098.1	17502.5	34284.9
18	Тернопіль	11369.0	14048.4	31167.0
19	Ужгород	11789.9	16009.5	33599.5
20	Харків	11250.9	18547.9	35610.5
21	Херсон	12170.5	22014.4	40498.7
22	Хмельницький	11540.3	15036.9	32318.6
23	Черкаси	11739.6	18150.3	35905.0
24	Чернівці	11535.6	15491.2	32923.4
25	Чернігів	11306.9	15840.8	32876.7

На основі отриманих даних побудована поверхня сумарної освітленості по 25 обласних центрів України (рис. 4) та отримані межі 4 світлокліматичних районів. Вони відповідають відносному розподілу у 25%, 50% та 75%, тобто  $E_{\text{район}} = 33185 \text{ Лк}$ ,  $35964 \text{ Лк}$  та  $38743 \text{ Лк}$ .

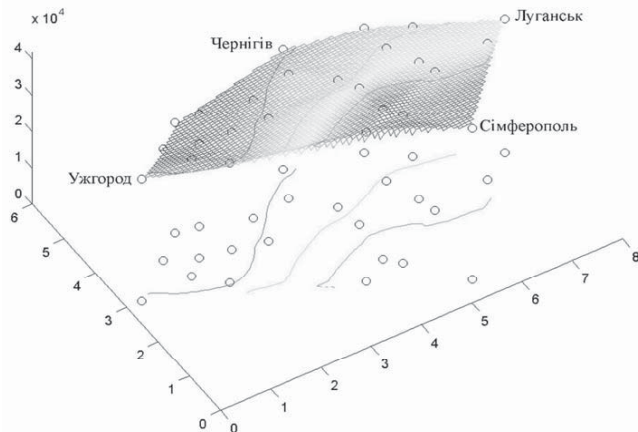


Рис. 4. Поверхня сумарного середньорічного світлового випромінювання на території України

В подальшому ортогональна проекція поверхні та ізоліній розмежування районів для зручності користування суміщені із адміністративною картою території України (рис. 5) із умови, що область відноситься до тієї зони, в якій знаходиться більша частина області.



Рис. 5. Запропонована карта світлокліматичного районування території України за показником «сумарне середньорічне сумарне світлове випромінювання»

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Виходячи із співставлення запропонованої та існуючої карт світлокліматичного районування констатуємо, що характер розподілу опроміненості/освітленості територій є майже аналогічним. Проте ізоліній районів на карті освітленості мають згущення в бік збільшення величин внаслідок чого відбувається графічне перенесення границь на південь. В результаті цього Черкаська, Полтавська та Харківська області потрапляють замість III до Псвітлокліматичного району. В іншому районування за наведеними картами аналогічне.

В подальшому планується провести додаткове моделювання спектральної щільності світлового потоку для кожного характерного дня місяця для більш точного визначення світлових еквівалентів. Крім того пропонується додаткове уточнення світлокліматичного районування із врахуванням орографічних особливостей окремих територій України.

## Література

1. Будівельна кліматологія : ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. – [Чинний від 2011-11-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 127 с. – (Національний стандарт України).
2. Гусев Н. М. Основы строительной физики. / Н. М. Гусев. – М. : Стройиздат, 1975. – 440 с: ил.
3. Строительная климатология и геофизика : СНиП II-A.6-72. – [Действителен от 1972-10-01]. М.: Госстрой СССР, 1972. – 321. – (Государственный стандарт СССР).
4. Егорченков В. О. Світловий клімат України. / В. О. Егорченков // Будівництво України. – 2005. – № 2. – С. 21-23.
5. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28:2006. Зміна №2. – [Чинний від 2012-09-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2012. – 34 с. – (Державні будівельні норми України).
6. Photometry – The CIE system of physical photometry:ISO 23539:2005 (CIE S 010/E)., 2005. – 68pp. (ISO international standard).
7. Standard Tables for Reference Solar Spectral Irradiances: Direct Normal and Hemispherical on 37° Tilted Surface : ASTM G173-03(2012). – American Society for Testing and Materials. – 48pp. – (ASTM standard). Режим доступу: <http://www.astm.org/Standards/G173.htm> (дата звернення: 04.02.2015).
8. Радомцев Д. О. Визначення типів небосхилів для м. Києва на основі ДСТУ ISO 15469:2008. / Д. О. Радомцев // Енергоефективність в будівництві та архітектурі. – 2015. – № 7. – С. 248–261.

# **ИССЛЕДОВАНИЕ СВЕТОКЛИМАТИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ УКРАИНЫ НА ОСНОВЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСВЕЩЁННОСТИ**

*Радомцев Д. А.*

На основе принятого в 2010г. стандарта ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Строительная климатология» и результатов моделирования спектральной плотности светового солнечного потока проведено исследование светоклиматического районирования территории Украины по суммарной горизонтальной освещённости. Также получены данные касательно световых эквивалентов рассеянной, прямой и суммарной солнечной радиации для населённых пунктов Украины.

## **INVESTIGATION OF UKRAINE'S LIGHT-CLIMATOLOGY ZONING BASING ON THE METEOROLOGICAL DAYLIGHTING DATA**

*D. Radomtsev*

Basing on accepted in 2010 on the territory of Ukraine standard DSTU-N B V.1.1-27:2010 "Building climatology" and results of spectral density modeling of daylighting flux was done an analysis of light-climatology zoning of the territory of Ukraine. Also light equivalents of diffuse, direct and summary sun radiation were receive.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА ИНФРАКРАСНЫХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОДЯНЫХ ПОТОЛОЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ

*Харьковский национальный университет  
строительства и архитектуры, Україна*

*Приведены результаты численного исследования процессов лучистого теплообмена водяных потолочных панелей систем отопления производственных помещений. Изучалось влияние конструктивных параметров панелей, условия их размещения и режимные параметры эксплуатации. Определены энергетические показатели эффективности систем.*

**Постановка проблемы.** Водяные (паровые) инфракрасные потолочные панели широко применяются в системах отопления производственных, административных и общественных, спортивных и торгово-развлекательных помещениях. Отопление складов, производственных цехов и мастерских заводов, вокзалов, бассейнов и концертных залов, где высота помещений более 3 м не позволяет использовать классические (традиционные) системы водяного отопления.

Данные системы более экономичны (до 35–40%), по сравнению с системами воздушного отопления, могут использоваться как для отопления, так и для кондиционирования помещений характеризуются высокой комфортностью и гигиеничностью из-за отсутствия принудительной циркуляции воздуха, и более низкой температурой воздуха в рабочей зоне [1, 2]

**Анализ основных исследований и публикаций.** Лучистые панели широко применяются в системах охлаждения энергетических установок космических аппаратов [4 – 8]. Разработаны методики их расчёта и определены оптимальные параметры. В работе [4] кондуктивно-радиационный теплообмен моделируется на базе двухмерного уравнения теплопроводности ребра в диатермической среде. Изучались различные профили рёбер (прямоугольные, трапециевидные и треугольные), степень черноты поверхности. Выполнена оптимизация параметров системы (скорость теплоносителя, диаметр труб и количество панелей). Температура окружающей среды (космического пространства), принимается равной нулю ( $T = 0\text{K}$ ).

В работах [5 – 8] исследовались следующие параметры излучателей: диаметр труб, материал, толщина и высота рёбер, различные теплоносители.

Теплоносители: водород, неон, сплав Na-K. Температурный диапазон (624–345K). Материал рёбер и трубы: алюминий-сталь; алюминий-титан;



углерод-углерод. Конструктивные параметры: диаметр трубы: от 10/12 до 18/20, высота ребра: от 0,02 до 0,1м, толщина ребра: 0,001м.

Основную излучающую поверхность панели составляет поверхность плоских продольных ребер, через которые излучается основная доля радиационного теплового потока (рис. 1).

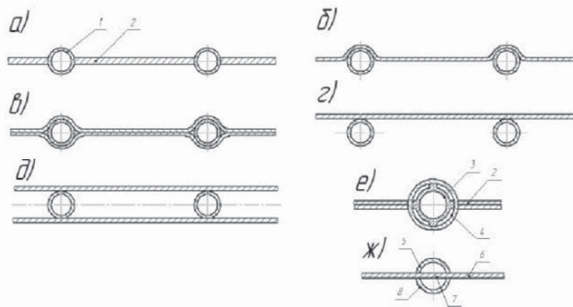


Рис 1. Конструктивные формы плоской излучающей панели: 1 – труба, 2 – ребро, 3 – внутренняя труба, 4- внешняя труба (защитная оболочка), 5 – верхняя полу-трубка, 6 – излучающая часть ребра, 7 – конвективная часть ребра, 8 – нижняя полутруба.

На рис. 1 показаны конструктивные формы излучающих панелей: рис 1а – цилиндрическая труба с присоединенными (пайка, сварка) ребрами; рис.1г – коллективное ребро (плоская пластина) с односторонне присоединенными к ней цилиндрическими или овальными трубами; рис. 1б – коллективное ребро с цилиндрическими выштамповками, в которые уложены и припаяны цилиндрические трубы; рис. 1в – коллективное двухслойное ребро, в цилиндрические выштамповки которого уложены и припаяны цилиндрические трубы; рис. 1д – пара параллельных плоских коллективных ребер, между которыми уложены и припаяны к ним цилиндрические (или овально-сплюснутые) трубы; рис. 1е – цилиндрическая труба с присоединенным к ней пайкой или сваркой ребрами и внешним цилиндрическим экраном, предназначенном для лучшей защиты от метеорной опасности.

Лучистые водяные панели, которые используются в системах отопления, отличаются от космических конструктивно и материалами, температурным уровнем теплоносителей и условиями теплообмена (одностороннее излучение), гидравлическими и эксплуатационными режимами [3]. Однако, имеющийся опыт создания космических систем охлаждения, может быть при этом использован.

Проблемы неравномерности температурного режима панели и обогрева рабочей зоны, выбора оптимальной высоты размещения панели, и их площади поверхности, требуют изучения.

**Формулирование целей и задания статьи.** Целью создания математической модели панели является определение ее тепловой мощности, а также распределения интенсивности облучения объекта в любой заданной точке. При создании математической модели предполагалось учесть изменение

температуры поперек панели, т.е. перпендикулярно осям труб. Изменением температуры вдоль панели за счет охлаждения воды в трубах можно пренебречь ввиду его незначительности.

**Основная часть.** Учет поперечного изменения температуры панели приводит к тому, что угловой коэффициент излучения зависит не только от координат облучаемого объекта, но и от отклонения участка панели с заданной температурой от оси панели.

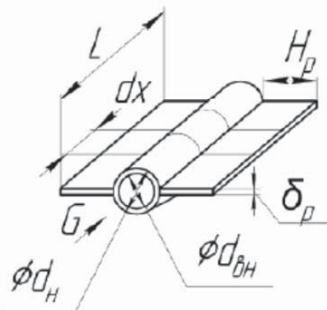


Рис. 2. Конструкция модуля излучающей поверхности

Интенсивность облучения панелью в заданной точке определяется путем численного интегрирования по всем участкам панели с разными температурами (рис. 2).

Важным элементом данного расчета является определение распределения температур поперек панели, которое в свою очередь зависит от распределения температур в ребре панели.

Поскольку распределение температур в ребре симметрично относительно его середины, достаточно определить распределение температур в полу-ребре.

Данное распределение, получается, посредством решения дифференциального уравнения теплопроводности второго порядка.

$$\lambda \delta \frac{d^2 t}{dx^2} = c_0 \varepsilon \left[ \left( \frac{T}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_0}{100} \right)^4 \right] + \alpha (t - t_0) \quad (1)$$

где:  $t_0$  – температура воздуха и облучаемого объекта;  $\delta$  – толщина ребра, м;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К),  $c_0$  – коэффициент излучения абсолютно черного тела ( $c_0 = 5,67$  Вт/(м<sup>2</sup> К<sup>4</sup>)),  $\varepsilon$  – степень черноты панели,  $\alpha$  – коэффициент конвективной теплоотдачи от горизонтальной поверхности панели (обращенной вниз) к воздуху, Вт/(м<sup>2</sup> К).

Данная задача является краевой, т.е. заданы граничные условия на концах интервала (границах ребра).

$$t(0) = t_b, \quad t'(l) = 0 \quad (2)$$

Распределение температур во всей панели с числом труб 4 при температуре воды 90°C показаны на рис. 3.

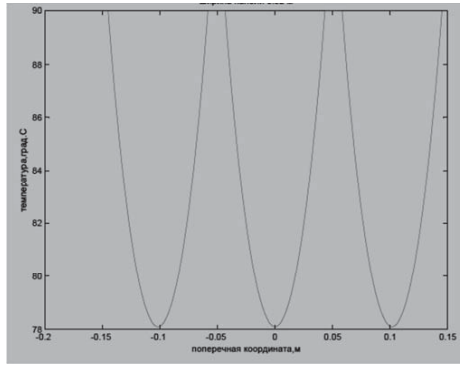


Рис. 3. Распределение температуры по поверхности панели при температуре воды 90°C

Линейная плотность теплового потока, отводимого от идеально-проводящего полу-ребра, т.е. когда его температура всюду равна температуре воды в трубах  $t_b$  определяется по формуле:

$$q_{id} = l \left[ c_0 \varepsilon \left[ \left( \frac{T_b}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_0}{100} \right)^4 + \alpha(t_b - t_0) \right] \right] \quad (3)$$

Эффективность ребра - это отношение реально отводимого потока тепла к потоку, отводимому идеально проводящим ребром, т.е.

$$\eta = \frac{q_p}{q_{id}} \quad (4)$$

Полный тепловой поток с ребер панели, Вт:

$$Q_p = n_p L_1 q_p \quad (5)$$

Полный тепловой поток с труб, Вт:

$$Q_{тр} = N \cdot \frac{\pi}{2} D L_1 \left\{ c_0 \varepsilon \left[ \left( \frac{T_b}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_0}{100} \right)^4 \right] + \alpha(t_b - t_0) \right\} \quad (6)$$

Полный тепловой поток с панели в целом, Вт:

$$Q = Q_p + Q_{тр} \quad (7)$$

Радиационный тепловой поток панели рассчитывается, как и полный, для ребер и для труб в отдельности. Плотность радиационного теплового потока на единицу ширины ребра определяется по формуле:

$$q_{рад.р.} = n_p L_1 c_0 \varepsilon \left[ \left( \frac{T}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_0}{100} \right)^4 \right] \quad (8)$$

Для определения радиационного теплового потока с ребер  $Q_{рад.р.}$  данную плотность необходимо проинтегрировать по ширине ребер панели или, что то же самое, по текущей температуре ребер.

Соответствующее интегрирование было реализовано по программе trapz программного комплекса MATLAB. Радиационный тепловой поток с труб определяем по формуле:

$$Q_{рад.тр.} = N L_1 D \frac{\pi}{2} c_0 \varepsilon \left[ \left( \frac{T_b}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_0}{100} \right)^4 \right] \quad (9)$$

Радиационный поток с панели, Вт

$$Q_{рад} = Q_{рад.р.} + Q_{рад.тр.} \quad (10)$$

Эффективностью панели называется отношение радиационного к полному тепловому потоку панели.

$$\eta_{\text{пан}} = \frac{Q_{\text{рад}}}{Q} \cdot 100\% \quad (11)$$

Эффективность панели зависит, в основном, от количества труб, температуры воды в них и толщины ребра.

На математической модели панели был проведен вычислительный эксперимент, в котором варьировались указанные выше факторы.

$x_1$  – количество труб панели,  $x_2$  – температура воды, °C,  $x_3$  – толщина ребра, мм.

Каждый из факторов варьировался на 3-х уровнях по плану Хартли 2-го порядка (15 опытов). В кодированной форме уровни факторов были равны -1, 0, +1. Кодированные значения факторов связаны с натуральными значениями формулами.

$$x_1 = x_1 - 3, \quad x_2 = \frac{x_2 - 70}{20}, \quad x_3 = \frac{x_1 - 1,5}{0,5} \quad (12)$$

Регрессионное уравнение, полученное с помощью соответствующей программы статистического пакета Statgraphics, имеет вид:

$$\eta_{\text{пан}} = 64,42 + 0,28x_1 + 2,09x_2 + 0,11x_3 - 0,14x_1^2 + 0,1125x_1x_2 - 0,0625x_1x_3 \quad (13)$$

Коэффициент детерминации данного уравнения  $R^2 = 0,999$ .

На рис. 4 приведены расчетные кривые зависимости интенсивности облучения объекта под центром панели от высоты панели под объектом и соответствующие экспериментальные значения. Приведены графики для 3-х температур: 50, 70, 90°C.

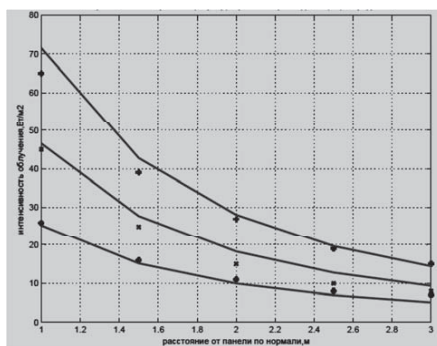


Рис. 4. Зависимость интенсивности облучения от высоты размещения панели при различной температуре воды.

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** Разработанная математическая модель оптимизации параметров лучистых водяных панелей может быть использована при проектировании систем отопления производственных, административных и жилых помещений.

## Литература

1. Официальный сайт компании Zehnder. Режим доступа: <http://www.zehnder-systems.com>
2. Официальный сайт компании Fraccaro. Режим доступа: <http://www.fraccaro.it>
3. Миссенар Ф. А. Лучистое отопление и охлаждение / Ф. А. Миссенар // пер с французс. – М. 1961. – 472 с.
4. Основы теории, конструкции и эксплуатации космических ЯЭУ / А. А. Куландин, С. В. Тимашев, В. Д. Атамасов и др. – Л. : Энергоатомиздат, 1987. – 328 с.
5. Лукашевич А. Г. Математическое моделирование теплообмена в трубчатом холодильнике-излучателе / А. Г. Лукашевич // Автореф. дисс... к.т.н. – Минск, 1993. – 24 с.
6. Иванов В. Л. и др. Теплообменник-излучатель отвода теплоты в космическое пространство / В. Л. Иванов и др // Наука и образование. – М. : Электр. изд. МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 77-30569/253502, 2011, №10 // <http://technomag.edu.ru>
7. Касилов П. В. Теплообменник радиационного типа энергоустановки космического базирования / П. В. Касилов // Наука и образование. – М. : электр. изд. МГТУ им. Н. Э. Баумана. – 77-30569/253502, 2011, №13 // <http://technomag.edu.ru>
8. Азаренков Н. А. и др. Ядерная энергетика. – Харьков, ХНУ им. В.Н. Каразина, 2012. – с. 535.

### **МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ТЕПЛООБМІНУ ІНФРАЧЕРВОНИХ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ ВОДЯНИХ СТЕЛЬОВИХ ПАНЕЛЕЙ**

***Редько А. О., Череднік А. Д., Ланцберг Н. Г., Кулікова Н. В., Редько О. Ф.***

Наведено результати чисельного дослідження процесів променистого теплообміну водяних стельових панелей систем опалення виробничих приміщень. Вивчався вплив конструктивних параметрів панелей, умов їх розміщення і режимні параметри експлуатації. Визначено енергетичні показники ефективності систем.

### **MODELLING AND OPTIMIZATION OF PROCESS PARAMETERS OF INFRARED HEAT THE LOW-TEMPERATURE WATER CEILING PANELS**

***A. Redko, A. Cherednik, N. Lantsberh, N. Kulikova, A. Redko***

The results of a numerical study of the processes of water radiant ceiling panels industrial space heating systems. The influence of the design parameters of the panels, the conditions of their accommodation and regime of operation parameters. The energy performance indicators systems.

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ В ТЕХНОЛОГІЯХ ГЛИБОКОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД, ЩО МІСТЯТЬ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНІ РЕЧОВИНИ

*Національний технічний університет України «КПІ», Україна*

*В роботі приводиться оцінка енергоефективності в технологіях глибокого очищення стічних вод, що містять поверхнево-активні речовини, від сполук азоту шляхом дослідження технологічних параметрів роботи споруд біологічного очищення міських стічних вод. За результатами експериментальних досліджень з впливу поверхнево-активних речовин на кінетику нітрифікації й денітрифікації при біологічному очищенні стічних вод отримані цільові функції тривалості перебування стічних вод в аеробних, аноксидних біореакторах, що необхідна для раціонального використання енергоресурсів і забезпечення зниження концентрацій сполук азоту до нормативних показників для скиду у водні об'єкти.*

**Постановка проблеми.** Міські стічні води, зазвичай, містять забруднюючі речовини (амонійний азот, завислі речовини, поверхнево-активні речовини) з концентраціями, що перевищують допустимі при скиді до водних об'єктів. Очищення міських стічних вод провадять на централізованих очисних спорудах каналізації. Основний етап зниження органічних забруднень стічних вод здійснюють в спорудах біологічного очищення (аеротенки-вторинні відстійники). Обробка стічних вод в аеробних умовах в спорудах аеротенків не дозволяє досягти необхідного ступеня очищення за сполуками азоту. Для ефективного очищення стічних вод від сполук азоту їх обробку провадять в аеробних й аноксидних умовах з нітратним рециклом мулової суміші між ступенями обробки [1]. Обробка стічних вод в аеробних умовах забезпечує окиснення амонійного азоту до нітритів й нітратів облігатними аеробами, зокрема родів *Nitrosomonas*, *Nitrobacter* [2]. Відновлення окиснених форм азоту до молекулярного азоту провадиться факультативними анаеробами в аноксидних умовах в спорудах денітрифікаторів [3].

Активне використання пральних порошків і миючих засобів у виробництві й побуті абонентами систем централізованого водовідведення населених пунктів призводить до наявності синтетичних поверхнево-активних речовин в стічних водах. За норм водовідведення 100-300  $\text{дм}^3/(\text{людину} \cdot \text{добу})$  усереднена концентрація поверхнево-активних речовин в міських стічних водах складає відповідно 25-8  $\text{мг}/\text{дм}^3$  [4]. Синтетичні поверхнево-активні речовини, як амфіфільні ксенобіотики, є мембранотропними речовинами, яким властиво змінювати проникність біологічних мембран, їх структуру. Наявність в стічних водах поверхнево-активних речовин (ПАР) впливає на функціонування мікроорганізмів активного мулу й відображається на ефективності біологічного очищення стічних вод від органічних речовин.

Вплив поверхнево-активних речовин на кінетичні показники глибокого очищення стічних вод відображається на тривалості обробки стічних вод в спорудах біологічного очищення, корисних об'ємах біореакторів, експлуатаційних витратах на забезпечення роботи обладнання з перемішування мулової суміші та диспергування повітря. Забезпечення раціонального використання енергоресурсів для реалізації процесів глибокого очищення стічних вод від сполук азоту в спорудах біологічного очищення, враховуючи наявність й концентраційну складову поверхнево-активних речовин, є актуальною відкритою прикладною задачею.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Конструктивним і технологічним рішенням з біологічного очищення стічних вод від сполук азоту приділено увагу в роботах С. В. Яковлева, Н. О. Лукіних, Л. І. Глоби, П. І. Гвоздяка, І. М. Таварткіладзе, О. А. Василенка, Л. А. Саблій, В. О. Юрченко, О. В. Поліщука [1, 5].

Поверхнево-активні речовини в стічних водах призводять до дефлокуляції активного мулу, піноутворення в аеробних біореакторах, є токсичними для мікроорганізмів активного мулу [6]. Ступінь негативного впливу поверхнево-активних речовин на процеси денітрифікації й нітрифікації визначає тривалість перебування стічних вод в аноксидних та аеробних умовах для забезпечення необхідного ступеня очищення води, загальні експлуатаційні витрати.

При проектуванні, реконструкції споруд аеротенків відповідно до технологій з етапами глибокого очищення стічних вод корисні об'єми споруд, експлуатаційні витрати визначають за тривалістю обробки стічних вод в аеробних й анаеробних умовах відповідно до [4], враховуючи питому швидкість процесів нітрифікації та денітрифікації.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Зважаючи на вище сказане, метою статті є оцінка енергоефективності в технологіях глибокого очищення стічних вод від сполук азоту в присутності поверхнево-активних речовин шляхом отримання цільових функцій тривалості їх обробки в аноксидних, аеробних умовах.

**Основна частина.** Оцінку впливу поверхнево-активних речовин на денітрифікацію й нітрифікацію вели за питомою швидкістю цих процесів шляхом експерименту.

Експериментальні дослідження провадили у дослідних біореакторі-денітрифікаторі і біореакторі-нітрифікаторі. Базисом для дослідних біореактора-денітрифікатора й біореактора-нітрифікатора є скляна циліндрична ємність з внутрішнім діаметром при основі 100 мм, загальною висотою 300 мм. Нижня частина циліндричної частини біореакторів облаштована патрубком із запірно-регульовальним краном для відбору проб впродовж серій експериментальних досліджень. Перемішування мулової суміші в дослідному біореакторі-денітрифікаторі здійснювали за допомогою розташованої в його нижній частині зануреної помпи марки Atman PH-300. Насичення мулової суміші повітрям в біореакторі-нітрифікаторі здійснювали за допомогою дрібнобубльашкових аераторів, що розташовані в його нижній частині.

Серії експериментальних досліджень вели в муловій суміші із дозою активного мулу 1,8-2,1 г/дм<sup>3</sup>. Початковий об'єм мулової суміші в серіях експериментальних досліджень складав 2 дм<sup>3</sup>. Визначення концентрації азоту нітратів й амонійного азоту вели у відібраній й профільтованій крізь лабораторний знезолений паперовий фільтр «біла стрічка» воді за допомогою лабораторного йоніміра І-160МІ. Як ПАР використовували алкілбензолсульфонат натрію (АПАР).

За результатами серій експериментів при очищенні води в аноксидних умовах в біореакторі-денітрифікаторі впродовж 45 хв. встановлено, що ефективність зниження концентрації нітратів в стічній воді, яка містить ПАР менше 1 мг/дм<sup>3</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> – 16,9 мг/дм<sup>3</sup>, складає 64% (рис. 1).

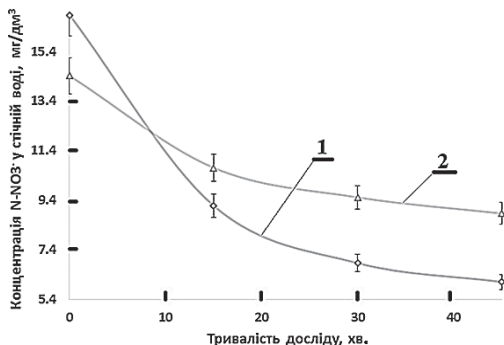


Рис. 1. Концентрація N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> від тривалості дослідження з очищення стічних вод в аноксидних умовах із перемішуванням мулової суміші при концентрації АПАР:

1 - <1 мг/дм<sup>3</sup>; 2 - 30 мг/дм<sup>3</sup>

Встановлено, що збільшення концентрації ПАР в стічній воді до 30 мг/дм<sup>3</sup>, за початкової концентрації N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 14,4 мг/дм<sup>3</sup>, призводить до пригнічення ефективності зниження нітратів у воді до 39%. Середня питома швидкість денітрифікації за концентрації АПАР в стічній воді менше 1 мг/дм<sup>3</sup> складала 5,9 мгN-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/(г·год). Підвищення концентрації АПАР в стічній воді до 30 мг/дм<sup>3</sup> знижує середню питому швидкість денітрифікації до 3,1 мгN-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/(г·год).

За результатами серій експериментів при очищенні води в аеробних умовах в біореакторі-нітрифікаторі впродовж 75 хв. відзначено, що ефективність зниження концентрації амонійного азоту в стічній воді, яка містить ПАР менше 1 мг/дм<sup>3</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N – 20,3 мг/дм<sup>3</sup>, складає 35% (рис. 2).

Збільшення концентрації ПАР в стічній воді до 30 мг/дм<sup>3</sup>, за початкової концентрації NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N 14,4 мг/дм<sup>3</sup>, призводить до пригнічення ефективності нітрифікації до 14%. Середня питома швидкість нітрифікації за концентрації АПАР в стічній воді менше 1 мг/дм<sup>3</sup> складала 6,1 мгNH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/(г·год). За концентрації АПАР в стічній воді 30 мг/дм<sup>3</sup> середня питома швидкість нітрифікації складає 2,2 мгNH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/(г·год).



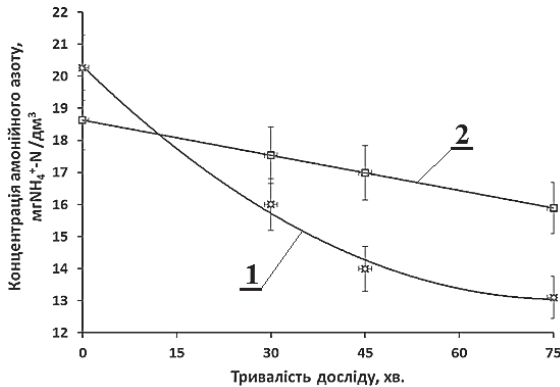


Рис. 2. Концентрація  $\text{NH}_4^+\text{-N}$  від тривалості дослідження з очищення стічних вод в аеробних умовах при концентрації АПАР:

1 -  $< 1 \text{ мг/дм}^3$ ; 2 -  $30 \text{ мг/дм}^3$

Рациональне використання енергоресурсів в технологіях глибокого очищення стічних вод, що містять ПАР диктується тривалістю обробки стічних вод в аеробних й аноксидних умовах.

Реновація технологій біологічного очищення стічних вод з включенням етапів глибокого очищення передбачає виділення зон аноксидної обробки в аеротенках, тому тривалість обробки в нітрифікаторах й денітрифікаторах визначали як для біореакторів-змішувачів.

Тривалість обробки стічних вод в денітрифікаторі (год.) визначали:

$$t_{\text{denim}} = \frac{k_{\text{denim}}^{\text{СПАР}} \cdot (C_{\text{NO}_3^- - \text{N}}^{\text{ex}} - C_{\text{NO}_3^- - \text{N}}^{\text{вх}})}{a_j \cdot \rho_{\text{denim}} \cdot (1 - s)}, \quad (1)$$

де  $k_{\text{denim}}^{\text{СПАР}}$  – коефіцієнт, що враховує інгібування процесів денітрифікації ПАР;  $s$  – зольність активного мулу в денітрифікаторі ( $s = 0,3$ );  $C_{\text{NO}_3^- - \text{N}}^{\text{ex}}$  – концентрація азоту нітратів в муловій суміші, що надходить в денітрифікатор,  $\text{мг/дм}^3$ ;  $C_{\text{NO}_3^- - \text{N}}^{\text{вх}}$  – концентрація азоту нітратів в муловій суміші, що відводиться з денітрифікатора,  $\text{мг/дм}^3$  ( $C_{\text{NO}_3^- - \text{N}}^{\text{вх}} = 0 \text{ мг/дм}^3$ );  $\rho_{\text{denim}}$  – питома швидкість денітрифікації,  $\text{мг/(г·год)}$  [7];  $a_j$  – доза активного мулу в денітрифікаторі,  $\text{г/дм}^3$  ( $a_j = 2 \text{ г/дм}^3$ ).

Тривалість обробки стічних вод в нітрифікаторі (год.) визначали:

$$t_{\text{nimp}} = \frac{k_{\text{nimp}}^{\text{СПАР}} \cdot (1 + N_{\text{opc}}) \cdot (C_{\text{NH}_4^+ - \text{N}}^{\text{ex}} - C_{\text{NH}_4^+ - \text{N}}^{\text{вх}} - M_{\text{N}})}{a_j \cdot \rho_{\text{nimp}} \cdot (1 - s)}, \quad (2)$$

де  $k_{\text{nimp}}^{\text{СПАР}}$  – коефіцієнт, що враховує інгібування процесів нітрифікації ПАР;  $s$  – зольність активного мулу в нітрифікаторі ( $s = 0,3$ );  $C_{\text{NH}_4^+ - \text{N}}^{\text{ex}}$  – концентрація

амонійного азоту в муловій суміші, що надходить в нітрифікатор,  $\text{мг/дм}^3$ ;  $C_{\text{NH}_4^+-\text{N}}^{\text{вих}}$  – концентрація амонійного азоту в муловій суміші, що відводиться з нітрифікатора,  $\text{мг/дм}^3$  ( $C_{\text{NH}_4^+-\text{N}}^{\text{вих}}=0,5 \text{ мг/дм}^3$ );  $\rho_{\text{нітр}}$  – питома швидкість нітрифікації,  $\text{мг/(г}\cdot\text{год)}$  [7];  $a_j$  – доза активного мулу в нітрифікаторі,  $\text{г/дм}^3$  ( $a_j = 2 \text{ г/дм}^3$ );  $M_N$  – кількість азоту, що витрачається в процесах приросту біомаси,  $\text{мг/дм}^3$ .

$$M_N = k_N \cdot P_i \cdot (1-s), \quad (3)$$

де  $k_N$  – коефіцієнт, що враховує частку азоту в клітинах мікроорганізмів ( $k_N = 0,02-0,1$ );  $P_i$  – приріст активного мулу за [4],  $\text{мг/дм}^3$ .

Кількість азоту, що витрачається в процесах приросту біомаси вели для стічної води, що надходить на споруди біологічного очищення з показниками БСК<sub>повн</sub> 250  $\text{мгO}_2/\text{дм}^3$ , концентрацією завислих речовин 150  $\text{мг/дм}^3$ .

Виконано чисельний експеримент за цільовими функціями (1) і (2) та отримано залежності тривалості обробки стічних вод в денітрифікаторі (рис. 3) й нітрифікаторі (рис. 4) від концентрації сполук азоту, враховуючи пригнічення процесів нітрифікації й денітрифікації ПАР.

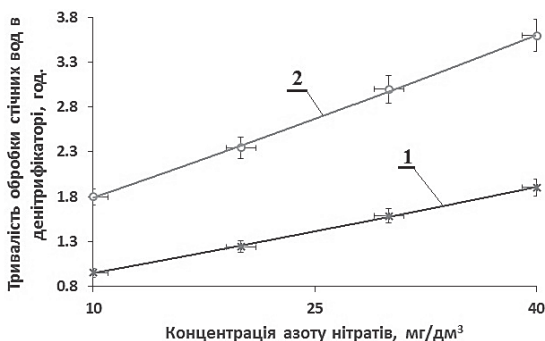


Рис. 3. Тривалість обробки стічних вод в денітрифікаторі від концентрації азоту нітратів при концентрації АПАР: 1 -  $< 1 \text{ мг/дм}^3$ ; 2 -  $30 \text{ мг/дм}^3$

Чисельний експеримент з визначення тривалості обробки стічних вод в нітрифікаторі вели для стічної води з  $\text{pH}=8,5$ .

Для досягнення необхідного ступеня глибокого очищення стічних вод від сполук азоту й раціонального використання енергоресурсів для забезпечення процесів очищення, збільшення АПАР (до  $30 \text{ мг/дм}^3$ ) в стічних водах потребує збільшення тривалості обробки стічних вод в аноксидних (до 53%) (рис. 3), аеробних умовах (до 36%) (рис. 4).

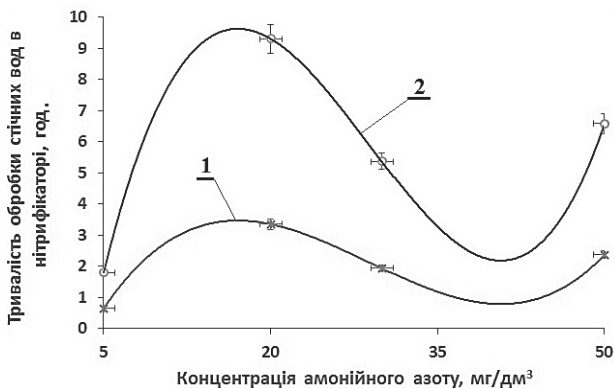


Рис. 4. Тривалість обробки стічних вод в нітрифікаторі від концентрації амонійного азоту при концентрації АПАР:  
1 - <1 мг/дм³; 2 - 30 мг/дм³

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Врахування негативного впливу ПАР на процеси денітрифікації й нітрифікації дозволяє визначити тривалість обробки стічних вод в аноксидних, аеробних умовах для досягнення необхідного ступеня глибокого очищення стічних вод від сполук азоту та забезпечення раціонального використання енергоресурсів з реалізації процесів водоочищення в технологіях глибокого очищення стічних вод.

## Література

1. Василенко О. А. Впровадження технології біологічної очистки стічних вод від сполук азоту і фосфору на міських очисних спорудах / О. А. Василенко, О. В. Поліщук, Л. О. Василенко // Екологічна безпека і природокористування. – 2014. – Вип. 15. – С. 90-101.
2. Henze, M., et al. (2013). Wastewater Treatment: Biological and Chemical Processes, Springer Berlin Heidelberg.
3. Grady, C. P. L., et al. (2011). Biological Wastewater Treatment, Third Edition, CRC Press.
4. ДБН В.2.5 – 75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – К. : Мінрегіонбуд, 2013 – 210 с.
5. Саблій Л. А. Очищення стічних вод від сполук азоту / Л. А. Саблій, В. С. Жукова // Науковий вісник будівництва. Вип. 63. Харків : ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2011. – С.431-436.
6. Gerardi, M. H. (2006). Wastewater bacteria. Hoboken, N.J : Wiley-Interscience.
7. Канализация населенных мест и промышленных предприятий : Справочник проектировщика / Под ред. В. И. Самохина. – 2-е изд. – М. : Стройиздат, 1981. – 638 с.

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ В ТЕХНОЛОГИЯХ  
ГЛУБОКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД,  
СОДЕРЖАЩИХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА**  
*Россинский В. Н.*

В работе приводится оценка энергоэффективности в технологиях глубокой очистки сточных вод, содержащих поверхностно-активные вещества, от соединений азота посредством исследования технологических параметров работы сооружений биологической очистки городских сточных вод. По результатам экспериментальных исследований относительно влияния поверхностно-активных веществ на кинетику нитрификации и денитрификации при биологической очистке сточных вод получены целевые функции продолжительности обработки сточных вод в аэробных, аноксидных биореакторах, необходимой для рационального использования энергоресурсов и обеспечения снижения концентраций соединений азота к нормативным показателям для сброса в водные объекты.

**ENERGY-EFFICIENCY IN WASTEWATER TREATMENT TECHNOLOGY  
FROM NUTRIENTS GIVEN THE PRESENCE OF SURFACTANTS**  
*Volodymyr Rossinskyi*

The paper is assessed the energy-efficiency in wastewater treatment technology from nutrients given the presence of surfactants through the research of the units technological parameters of the biological municipal wastewater treatment. According to the results of experiments on the effect of surfactants on the kinetics of nitrification and denitrification in biological wastewater treatment target functions of duration wastewater treatment in aerobic, anoxic bioreactors are received, needed to manage energy and ensure reduction of concentrations of nitrogen compounds.

## ЛАНДШАФТНІ АСПЕКТИ НОВОЇ АРХІТЕКТУРИ ОБ'ЄКТІВ МАЛОЇ ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

*У роботі розкрито значення гідроенергетичних ресурсів у світовому енергетичному балансі, надана характеристика ситуації в Україні, визначено потенціал малої гідроенергетики країни та проаналізовано архітектурно-ландшафтні аспекти сучасного планування об'єкту малої гідроенергетики історичного міста (європейський досвід).*

**Постановка проблеми.** Україна приєдналася до Європейського енергетичного співтовариства і взяла на себе зобов'язання до 2020 року виробляти 11% електроенергії із відновлюваних джерел енергії (1). Гідроенергетика займає провідну позицію серед інших відновлювальних джерел енергії. Згідно статистичним даним, на долю гідроенергетики в світі приходить 88% виробництва відновлювальної енергії та 20% всієї електроенергії (станом на 2006 рік) (2). А досвід окремих країн свідчить про можливість майже повного відказу від традиційних джерел енергії та використання виключно відновлювальних енергоресурсів. Так, центральноамериканська країна Коста-Ріко з населенням у 5 млн. чол. та сприятливими природними умовами (багаті водні ресурси, гірські масиви тощо) прожила 2015 рік на 98,95% за рахунок відновлювальної енергетики, головним чином використовуючи енергію від своїх гідроелектростанцій (3).

«За оцінками Світової енергетичної ради, економія органічного палива за рахунок малої гідроенергетики у загальному виробництві енергії на 2020 рік буде складатиме 69 та 99 млн. т у.п. для відповідно мінімального та максимального варіантів розвитку... Важливість розбудови МГЕС характерна для більшості країн світу: у Китаї експлуатується 90000 МГЕС, в Індії – їхня потужність наближається до 5000МВт.; у Німеччині працює 3250 МГЕС, у Швейцарії – 2300; у Японії 1350 і споруджується більш 2000 МГЕС» (4).

Україна має значний потенціал використання ресурсів малих річок (головним чином у західних регіонах), що складає майже 28% загального гідропотенціалу всіх рік України. Експлуатація малих ГЕС дає можливість виробляти близько 250 млн. кВт\*год електроенергії на рік. Але ж значні енергетичні ресурси малих річок (загальні – 2300...2400 МВт, технічні – 1600...1700 МВт, першочергові – 600...700 МВт) практично не використовуються в повному обсязі та на сучасному технологічному рівні (4).

Гідроенергетика України розпочалась зі спорудження найбільшої в Європі Дніпровської ГЕС – 560 МВт (початок будівництва у 1927 р., введена в експлуатацію у 1932 р.). В той же час, в 30-40 роки 20 ст. здійснювався розвиток малої гідроенергетики в Україні. Наприкінці 1950 р. за даними «Укргідпроект» в країні нараховувалося майже 1000 малих гідроелектростанцій; існувала міцна база виробництва гідротурбін потужністю від 1,5 до 260 кВт і синхронних генераторів до них. Але ж після 50-тих рр. почався процес занепаду: сотні малих гідроелектростанцій (МГЕС) були

зруйновано і покинуто. На даний час в Україні працюють біля 50 МГЭС загальною потужністю 9,3МВт, більшість з яких потребує реконструкції, а близько 420 знаходяться в покинутому стані.

Можна також констатувати, що останніми роками спостерігається відновлення зацікавленості малою енергетикою. Розрахунки показують, що розвиток малої гідроенергетики в Україні забезпечить надійне енергопостачання споживачів промислового і житлово-комунального господарства сіл та районних центрів, інтенсивний розвиток сільського господарства, поліпшить стан соціальної сфери та екології. Для регіонів Західної України впровадження МГЕС дасть значний вклад в енергозабезпечення (5).

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Загальним питанням енергоефективності та подальшого розвитку альтернативних, відновлювальних джерел енергопостачання у світі та для умов України присвячено багато наукових праць. Деякі з них аналізують особливості використання гідроресурсів наряду з іншими альтернативними джерелами: вітровою, сонячною, геотермальною енергіями тощо (6). Більш спеціалізовані праці спрямовані на вивчення гідрологічних основ гідроенергетики (7). Визначення потенціалу та розкриття значення малої гідроенергетики України наведено в дослідженнях Інституту відновлюваної енергетики НАНУ (8, 9).

Економічним питанням конкурентоспроможності різних альтернативних джерел присвячена наукова праця 2015 року Нараєвського С.В., в якій проаналізовано найбільш розповсюджені технології альтернативної енергетики у світі, розрахована ефективність використання технологічного устаткування підприємствами, що працюють у гідроенергетиці наряду з вітроенергетикою та сонячною енергетикою, вивчені зміни українського енергетичного ринку, що пов'язані з прийняттям Закону України «Про внесення змін до деяких законів України стосовно встановлення «зеленого» тарифу» тощо (10).

Слід зазначити, що в даних роботах головна увага приділена аналізу та прогнозуванню напрямів розвитку енергетичного ринку країни, технічним та технологічним питанням та розрахункам в енергетиці відновлювальних джерел, та гідроенергетиці зокрема. В той же час проблеми існування та функціонування об'єктів МГЕС, питання їх сучасного архітектурно-ландшафтного планування, розкриття значення в загальній міській структурі залишаються поза увагою спеціалістів й не висвітлені в публікаціях останніх років.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Зважаючи на вище сказане щодо потенціалу малої гідроенергетики для умов України проаналізуємо сучасний європейський досвід архітектурно-ландшафтної організації території об'єкту малої гідроенергетики історичного міста та розкриємо його значення у формування архітектурного обліку прибережної зони.

#### **Основна частина.**

За прийнятою класифікацією гідроелектричні станції залежно від потужності поділяють на такі:

- потужні – виробляють від 25 МВт до 250 МВт і вище;
- середні – від 10 до 25 МВт;
- малі гідроелектростанції – до 5 МВт (в деяких країнах (в тому числі

і Україні) малими визнаються гідроелектростанції із потужністю до 10 МВт. (примітка: встановлено Законом України "Про електроенергетику")) (11).

В свою чергу до малих форм гідроенергетики відносяться: мікро- (до 100 кВт), міні- (до 1000 кВт) та малі ГЕС (до 25 МВт) (4).

До подальшого аналізу обраний проект сучасної малої гідроелектростанції у м. Кемптен, Німеччині (Kempten, Germany) від проектного бюро Becker Architects (12).

Нова, високоєфективна мала гідроелектростанція була побудована на лівому березі річки Іллер в німецькому місті Кемптен у 2011 році замість старої електростанції 50-тих рр. Завдяки своїй потужності у 10,5 млн. кВт/год. екологічно чистої енергії на рік вона тепер живить близько 3000 прилеглих домогосподарств.

Це приклад професійно-вдалого відновлення старої промислової будівлі ландшафтними засобами формоутворення, рішенням загального об'єму інженерної споруди пластичними формами з армованого бетону та грамотним плануванням, коли промислова споруда закритого типу, що знаходиться на цінних прибережних територіях міста, вдало інтегрована в планувальну структуру всієї міської прибережної зони за допомогою створення пішохідної алеї-проходу та вело доріжки. Сучасні плавні форми імітують покаті скелі узбережжя, що довгі роки були оброблені річковим потоком. Будівля нової малої ГЕС контрастує з традиційною архітектурою прилеглої забудови, але ж водночас завдяки своїй протяжності та візуальній «не масивності» форм співмасштабно вписується в природний простір річкової долини Іллер. За відправну точку дизайнерських пропозицій було покладено символічне сприйняття динаміки вод, які змінюються від спокійного стану на вході води біля вхідного отвору, її бурхливого стану та закручення поблизу турбіни, перед своїм подальшим поверненням в спокійний стан після вироблення електроенергії. Станція включає в себе машину залу з турбінами, генераторами та утримуючим бар'єром водозливу греблі. Конструкції машинного залу інтегровані із сталевим остовом мостової естакади, призначеної для прокладки інженерних мереж (в даному випадку – дротів). Генеральним плануванням, засобами сучасного дизайну, використаними матеріалами авторам проекту вдалося створити сучасний образ міні промислової споруди – МГЕС в історичному середовищі невеликого міста Кемптен (рис.1, 2).



Рис. 1. Ситуаційний план розташування МГЕС в міській структурі, креслення Becker Architects, м. Кемптен, Німеччина, 2011 р.

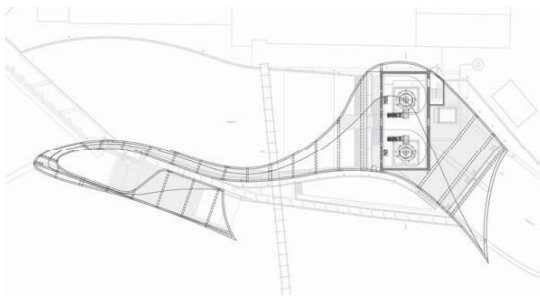


Рис. 2. Планування гідроелектростанції, креслення Becker Architects, м. Кемптен, Німеччина, 2011 р.

Скульптурність вирішення як акцент прибережної забудови міста: «легке» протиставлення плавних кривих нового об'єму гідроелектростанції із спокійною лаконічністю забудови прибережної зони історичного міста (рис. 3).



Рис. 3. Загальний вигляд МГЕС на березі річки Іллер м. Кемптен, Німеччина, 2011 р.

Вражає виразність формування сучасного архітектурно-ландшафтного обліку об'єкту малої гідроенергетики при її розташуванні в міській прибережній зоні, як й вдале поєднання в обробці фасадів сучасних будівельних матеріалів та засипки окремих площ природним каменем (рис. 4).



Рис. 4. Пластичні деталі будівлі та їх сучасне, декоративне оздоблення будівлі МГЕС, м. Кемптен, Німеччина, 2011 р.



В даному випадку дизайн гідротехнічної споруди відіграє велику роль в загальній композиції прилеглих територій та річкової долини, належачи до оточуючого пейзажу. Саме тому, поряд з доцільним конструктивним рішенням, архітектура гідротехнічної споруди та її художньо-ландшафтне оформлення відповідає єдиній стильовій спрямованості загального задуму та високим вимогам формування архітектурно-ландшафтного середовища міста (13, стор. 69).

Досвід спорудження малих ГЕС у світі свідчить, що освоєння потенціалу малих річок з використанням малих, мікро- та міні-ГЕС допомагає вирішити проблему поліпшення енергопостачання. Експлуатація малих ГЕС має переваги, а саме: поновлювальність первинного енергоносія; значний термін служби та висока надійність експлуатації при повній автоматизації; мінімальний вплив на навколишнє середовище; мінімальний вплив на ландшафт та незначне відчуження земельних ділянок; наближеність джерел енергії до споживачів, що підвищує надійність та якість електропостачання; менша залежність від природних умов, ніж для інших нетрадиційних джерел, що забезпечує більшу надійність процесу виробництва енергії тощо (14).

Підтверджено, що при обґрунтованому їх спорудженні можливо не тільки збереження природного середовища, але й відтворення раніше втрачених умов біологічного життя. Мале гідробудівництво може стати одним із засобів відтворення гідрологічного стану деградованих водостоків.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Для отримання енергетичної незалежності за рахунок відновлювальних технологій, а саме гідроресурсів країни, потрібно: стратегія господарського розвитку територій, аналіз енергетичного потенціалу наявних водних ресурсів, інноваційні технологічні рішення та нові архітектурні проекти сучасних малих, мікро- та міні-ГЕС, що має позитивно вплинути на загальний економічний розвиток держави у напрямку збільшення частки відновлювальних джерел на енергетичному ринку. Розроблена Дорожня карта до 2020 року, в якій «відповідно до Національного плану дій з відновлюваної енергетики (NREAP), за рахунок модернізації існуючих потужностей, відновлення старих малих гідроелектростанцій, будівництва та введення в експлуатацію нових генеруючих потужностей гідроенергетики в Україні можна довести виробництво електроенергії: мікро- та міні-ГЕС – до  $130 \text{ ГВт} \times \text{год}$  у 2020 році (при їх загальній потужності у 55 МВт); малі ГЕС – до  $210 \text{ ГВт} \times \text{год}$  у 2020 році (при їх загальній потужності 95 МВт); великі ГЕС – до  $12\,950 \text{ ГВт} \times \text{год}$  у 2020 році (при їх загальній потужності у 5 200 МВт)» (5).

Мікро-, міні- та малі ГЕС можуть стати потужною основою енергозабезпечення для всіх регіонів Західної України, а для деяких районів Закарпатської та Чернівецької областей – джерелом повного енергозабезпечення (9). Реалізація намічених заходів створить умови для широкого впровадження МГЕС, які мають терміни окупності 4-6 років.

На будівельному ринку країни сьогодні існує реальна потреба не тільки в ефективних проектах планування МГЕС, але ж постають питання загальної естетичної виразності, «вписування» в контекст сучасних проектів розпланування міських прибережних зон на шляху відновлення старих МГЕС.

Проведений аналіз європейського досвіду дає змогу намітити та конкретизувати сучасні підходи щодо архітектурно-ландшафтного планування території МГЕС, архітектурно-художнього вирішення загального образу будівлі з врахуванням можливих інноваційних рішень, їх відповідності вимогам загального художньо-ландшафтного оформлення при інтеграції в облік історичного міста. Питання екологічно-доцільного ландшафтного розпланування прилеглих територій виходять на перший план.

## Література

1. *Корольчук Ю.* Відновлювана енергетика: перспективи України [Електронний ресурс] / Режим доступу – <http://www.radiosvoboda.org/content/article/25044801.html>. 28.03.2016. – Назва з екрану.
2. Відновлювальна енергетика [Електронний ресурс] / Режим доступу – [http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%96%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B0\\_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0](http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%96%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BB%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B0_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0), 16.12.2015. – Назва з екрану.
3. Почти 100% на ВИЭ [Електронний ресурс] / Режим доступу – <http://5thelement.ru/5-th-element/pochti-100-na-vie.html>. 22.12.2015. – Назва з екрану.
4. Гідроенергетика України [Електронний ресурс] / Режим доступу – [http://ua-referat.com/%D0%93%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0\\_%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B8](http://ua-referat.com/%D0%93%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B8). Переглянуто 30.03.2016. – Назва з екрану
5. Гідроенергетика. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України [Електронний ресурс] / Режим доступу – <http://saee.gov.ua/uk/ae/hydroenergy>. 31.03.2016. – Назва з екрану
6. *Бевз С. М.* Енергоефективність та відновлювані джерела енергії/ *С.М. Бевз та ін.*; НАН України. – К. : Укр. енциклопед. знання, 2007. – 560 с. – (Енергетика України на початку ХХІ ст. Т. 4).
7. *Маковський А. М.* Енергоресурси та гідрологічні основи гідроенергетики : навч. посіб. / *А. М. Маковський, Ю. Ю. Філіпович*; Нац. ун-т вод. госп-ва та природокористування. – Рівне : НУВГП, 2010. – 128 с.
8. *Васько П. Ф.* Мала гідроенергетика України: реалії сьогодення та аспекти подальшого розвитку / *П. Ф. Васько, Ю. О. Віхорєв* // Відновлюв. енергетика. – 2008. – N 2. – С. 62–65.
9. *Васько П. Ф.* Мала гідроенергетика України, Інститут відновлюваної енергетики НАНУ [Електронний ресурс] / *П. Ф. Васько* // Режим доступу : [http://www.niss.gov.ua/public/File/2014\\_table/0620\\_pres2.pdf](http://www.niss.gov.ua/public/File/2014_table/0620_pres2.pdf). Переглянуто 30.03.2016.

10. *Нараєвський С. В.* Конкурентоспроможність альтернативних технологій отримання енергії / *С. В. Нараєвський* // Автореф. дис. ... канд. економ. наук: 08.00.04/ КІП. – К., 2015. – 22 с.

11. Гідроелектростанція (ГЕС) [Електронний ресурс] / Режим доступу – <http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%96%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%8F>. 2.12.2015. – Назва з екрану

12. *Hydroelectric Power Station, Kempton, Germany* [Електронний ресурс] / Режим доступу – <http://architizer.com/projects/hydroelectric-power-station/> / Переглянуто: 30.03.2016. – Назва з екрану

13. *Рубан Л. І.* Архітектурно-ландшафтна організація прирічкових територій: навч. посібник / *Л. І. Рубан* / за редакцією проф. Панченко Т. Ф. – К. : КНУБА, 2013. – 92 с.

14. *Нікіторович О. В.* Перспективи малої гідроенергетики України з асинхронними генераторами [Електронний ресурс] / Режим доступу – [http://proeco.visti.net/mala\\_hidroenergetyka\\_ukrainy.html](http://proeco.visti.net/mala_hidroenergetyka_ukrainy.html). Переглянуто: 30.03.2016. – Назва з екрану

## **ЛАНДШАФТНЫЕ АСПЕКТЫ НОВОЙ АРХИТЕКТУРЫ ОБЪЕКТОВ МАЛОЙ ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ**

*Рубан Л. И.*

В работе раскрыто значение гидроэнергетических ресурсов в мировом энергетическом балансе, приведена характеристика ситуации в Украине, определен потенциал малой гидроэнергетики страны и проанализированы архитектурно-ландшафтные аспекты современной планировки объекта малой гидроэнергетики исторического города (европейский опыт).

## **LANDSCAPE PLANNING ASPECTS OF NEW ARCHITECTURE OBJECTS OF SMALL HYDROELECTRICITY**

*Liudmyla Ruban*

This article reveals the significance of hydroelectricity resources in global energy balance, describes the characteristics of the situation in Ukraine, defines the potent of country's small hydroelectric power production and provides the analysis of contemporary planning of small hydropower objects within historical city (European experience), uncovers its architectural & landscape aspects.

## УКРАЇНСЬКІ ІСТОРИКО-КУЛЬТУРНІ ТРАДИЦІЇ В АСПЕКТІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЖИТЛОВОГО БУДІВНИЦТВА

*Київський національний університет культури і мистецтв, Україна*

*На основі дослідження впливу різних чинників та умов, в роботі визначаються особливості формування народних традицій дизайну середовища індивідуального житла з використанням альтернативних джерел енергії в контексті української культури; визначається взаємозв'язок прогресивних і традиційних принципів організації житлового простору та знаходження можливостей їх взаємного впливу.*

**Постановка проблеми.** Сучасний світовий паливно-енергетичний комплекс переживає ряд серйозних проблем, пов'язаних в першу чергу з сировинною кризою і забрудненням навколишнього середовища. Темпи розвитку альтернативної енергетики в Україні в порівнянні з провідними країнами світу надзвичайно низькі. В окремих галузях нетрадиційної енергетики сумарне вироблення енергії в Україні в сотні і тисячі разів нижче, ніж аналогічні показники в країнах-лідерах. Вкрай повільно йде процес освоєння поновлюваних ресурсів. Однак, в останні роки влада країни при розробці стратегій модернізації української економіки стала враховувати питання енергозбереження та енергоефективності, вирішення яких покладено, в тому числі, і на засоби альтернативної енергетики. Про це свідчать нововведення в нормативно-правову базу і поправки у відповідних пунктах законодавства.

Крім того, в останні роки здійснюються спроби переходу на екологічні стандарти, в тому числі і в будівництві. Це дозволяє говорити про початок становлення нової вітчизняної екологічної архітектури. Українським архітекторам і проектувальникам для виходу на конкурентоспроможний рівень по відношенню до зарубіжних колег необхідно здійснити величезний крок у напрямку освоєння інженерно-технічної та наукової бази у галузі енергозбереження та енергоефективності.

В сучасному будівництві житлове середовище втратило свою національну своєрідність. Тому архітектурний простір потребує не тільки інтеграції засобів альтернативної енергетики, а й уособлення в своїй суті і зовнішньому вигляді народних традицій, своєрідних художньо-образних рис та ознак, притаманних виключно українському дизайну.

В умовах сучасної глобалізації збереження національної своєрідності є питанням світової важливості. І житлове середовище займає провідне місце на шляху до досягнення цієї мети. Необхідність розробки даної теми обумовлюється складністю і, в той же час, неповнотою сучасного проектного процесу, обмеженою увагою до змісту об'єктів формотворення та їх естетичних

показників; потребою відродження культурних надбань і традицій народу; об'єднання енергоефективності з естетичністю в контексті українських історико-культурних традицій; визначенням взаємозв'язку сучасних і колишніх принципів інтеграції засобів альтернативної енергетики в структуру житлової будівлі та знаходження шляхів їх взаємного впливу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Основну більшість науково-дослідних робіт, пов'язаних з проблемами інтеграції засобів альтернативної енергетики в будівництво, складають питання інженерно-технічного характеру без заглиблення у проблеми архітектури, тим більше з точки зору процесу формоутворення. Серед зарубіжних дослідників екології архітектури належать М. Бауер, П. Даунтон, П. Месла, М. Мелавер, Ф. Мюллер, Дж. Робертс, С. Роеф, М. Сантамоуріс, А. Станг, Е. Уайлхайд, К. Хауторн, М. Шварц, Дж. Юделсон; з проблем «стійкості» архітектури Д. Х. Бей, Н. Бейкер, К. Брейзер, Д. Валлера, С. Гай, П. Геворкян, Л. Гліксман, П. Дейві, С. Зоколей, Д. Лін, Ф. Моунселл, Б. Л. Онг, П. Сміт, Д. Вільямс, Л. Хайзелбах; проблеми архітектури енергоактивних будівель розглядалися в працях радянських учених Е. С. Абдрахманова, В. С. Беляєва, С. І. Вайнштейна, Г. А. Ващенко, В. В. Захарова, А. І. Мелуа, О. С. Попеля, М. Д. Рабиновича, Е. В. Сарнацкий, Н. П. Селіванова, Л. П. Хохлова.

У радянський період на альтернативну енергетику покладалися певні надії, що послужили основою для науково-дослідної діяльності. Однак енергетичній програмі СРСР не судилося стати завершеною на увазі серйозних соціально-економічних і політичних змін у країні. До 2000-х років в Україні наукова діяльність в галузі альтернативної енергетики практично припинилася. Нові енергетичні стратегії повинні послужити стимулом для нового етапу наукової діяльності. Такий стан справ разом із зростанням інтересу світового співтовариства до екологічної архітектури і дало підставу для значного ряду науково-дослідних робіт. Зараз питаннями синтезу альтернативної енергетики та архітектури займаються: А. М. Баталов, М. М. Бродач, О. Д. Бреславцев, Н. Н. Гераскін, А. А. Магай, В. А. Новиков, Н. А. Саприкіна, О. Ю. Сулова, Ю. А. Табунников, І. В. Черешнев.

Також проблеми архітектури енергоактивних будівель були порушені в дисертаційних роботах В. В. Алексашин, М. М. Атаєва, О. К. Афанасьєвої, Е. І. Бакланової, Ю. Г. Бурханова, М. А. Демидової, С. А. Молодкина, А. О. Погонина, С. М. Смирнової, Н. Л. Тіманцевої, С. В. Ушакова, І. С. Економову.

Нагромаджені дотепер археологічні матеріали, історико-етнографічні дослідження та інші літературні видання авторів З. В. Моїсеєнко, І. Ф. Гребінь, А. Г. Данилюк, Б. А. Звіздецький, В. П. Самойлович, Г. Ю. Стельмах, Ю. Ф. Хохолта ін. дають уявлення про витoki народного будівництва, висвітлюють питання, пов'язані з особливостями матеріалізації світоглядних уявлень, народної символіки та організації внутрішнього простору будівель. Вони є вагомим основою дослідження, але виключно історичний підхід не є достатнім для повного розкриття теми. Праці окремих вчених, таких як В. А. Абизов, І. Т. Волкоруб, О. С. Георгієва, З. С. Гудченко, А. В. Іконніков,

В. Ф. Кокурін, Ю. Г. Рєпін, В. В. Самойлович, В. П. Уреньов, О. В. Чепелик, В. Г. Чернявський та ін. дають можливість оцінити стан сучасного проектування та доцільність застосування народних традицій в процесі проектування українського індивідуального житла в теперішній час. Хоча матеріал щодо методик проведення такого процесу інтеграції є досить обмеженим.

Існуючі праці вчених, історико-етнографічні дослідження та інший матеріал із заданої теми не складають цілісної картини стосовно принципів організації сучасного процесу проектування енергоефективної житлової будівлі з урахуванням історико-культурної спадщини України. Таким чином, тематика статті може бути розширена та продовжена в більш детальному дослідженні.

Увага світової громадськості до проблем екології та сировинної кризи сприяє появі нових енергоактивних будівель. Окремі наукові роботи в тій чи іншій мірі зачіпають питання інтеграції засобів альтернативної енергетики в структуру будівель. Проте до цих пір не існує теоретичної бази, яка охоплює питання архітектурного формоутворення, де використання альтернативної енергетики розглядалося б у синтезі з народними традиціями будівництва на території України.

**Формулювання цілей та завдання статті.** На основі дослідження впливу різних чинників та умов, визначимо особливості формування народних традицій дизайну середовища індивідуального житла з використанням альтернативних джерел енергії в контексті українських історико-культурних традицій.

Результати дослідження теми мають слугувати інтеграції надбань української культури в сучасну проектну практику, розширюючи можливості формотворення сучасного енергоефективного житлового середовища з національною колористикою.

**Основна частина.** Традиційна українська хата являла собою повноцінний й оригінальний витвір народу, була самобутнім явищем в історії архітектури, зразком синтезу будівельних, мистецьких та естетичних складових. Зводячи той чи інший тип житла, народні будівничі опрацьовували цілу систему семантичних прийомів з використанням унікальних і пропорційних силуетів. При цьому, житло розглядалося не лише, як суто архітектурна споруда, але й як побутовий комплекс, частина побутової культури.

Рационалізація архітектурних рішень за ознакою енергоефективності завжди було одним з провідних напрямків в архітектурі. Існує залежність між видом споживаної енергії та формою житлового будинку. Шляхом аналізу первісної форми житла як будівельного об'єкту встановився зв'язок засобів енергозбереження та параметрів архітектурного рішення. Найвпливовішими факторами на цьому етапі є фактори, що зумовлені становленням людини з однієї сторони та природо-кліматичні з іншої.

Найбільш цінним в народній архітектурній спадщині є творчий метод народних майстрів, визначальною рисою якого є органічний взаємозв'язок і взаємообумовленість функціональних вимог, економіки, конструктивного вирішення та архітектурно-художньої форми.

За історичними даними найдавніший етап формування житлових утворень починався з природних укриттів, що мали умови в цілому прийнятні для проживання. В такому примітивному, пристосованому протожитлі процес тепло-надходжень регулювався виключно природними факторами. Цей період характеризується використанням незалежних від людини джерел тепла (сонячна, геотермальна, та ін.).

Взагалі, використання людиною джерел теплової енергії характеризується переходом від безпосереднього випадкового незакономірного використання сонячної енергії до свідомого оперування теплом від природних традиційних енергоносіїв, а потім – до альтернативних джерел енергії з високотехнологічними засобами її видобування ( в тому числі, ефективного перетворення енергії сонячного випромінювання).

На наступному етапі формування житла свідоме привласнення та перетворення простору згідно утилітарних та соціальних потреб людини призвело до виділення житлового простору з навколишнього оточення штучно створеною обмежувальною матеріальною оболонкою. Опанування вмінням підтримувати вогонь призводить до появи теплового функціонального ядра - вогнища, навколо якого формується загальний житловий простір, здебільшого простої геометричної форми-конуса, напівсфери, призми. Тобто, штучне примітивне житло має просту центричну структуру, зорієнтовану на теплове ядро.

Первинною формою давнього традиційного народного житла були землянки і напівземлянки. Як підтверджують археологічні розкопки, це досить прості конструктивні споруди, зведені на невеликій глибині й навершені похилим чи двохилим дахом.

Оселя, як правило, була однокамерною і опалювалася “по-чорному” – дим з печі виходив безпосередньо в помешкання, піднімався до стелі (“висів”). Це зумовлювалося кількома причинами: в такий спосіб краще зберігалось тепло, проводилася своєрідна дезінфекція помешкання. (рис.1)  
Люди нерідко хворіли на легені (задишка), запалення очей тощо. Тому з часом мусили з’явитися вивідні димоходи в стіні, а згодом і комини.

Формування традиційного народного житла

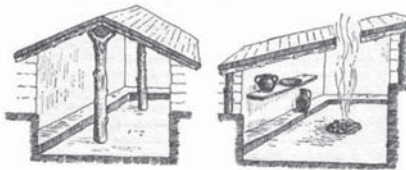


Рис. 1

Природні умови і географічне положення головним чином впливали на наявний основний будівельний матеріал регіону, а також технології влаштування житла та його опалення. В кожному ландшафті формувалися



власні моделі народних жител. Для спорудження їх використовували місцеві матеріали. На Поліссі віддавна будували з дерева, в лісостепу – з глини, соломи і дерева, каменю. Кожний матеріал по-своєму вплинув на загальну форму, художнє вивершення споруди.

У XIII – XV ст. як у містах, так і в селах основним будівельним матеріалом на території України було дерево. Про стародавнє житло лісової частини України і частково лісостепової маємо змогу говорити насамперед тому, що деякі його описи збереглися в документах. У XV ст. і пізніше ці райони були найзаселенішою частиною України. Навіть на безлісовому півдні, де будувалися глинобитні житла, де-не-де зустрічалися й зрубні. У XV ст. і наступних періодах в Україні будувалися також житла і господарські споруди, плетені з лози і обмазані глиною.

Яскравим прикладом зв'язку утилітарних та екологічних потреб з конкретним конструктивним вирішенням є влаштування долівки (підлоги) в сільській хаті на Поділлі. Будували тут з дерева, але стіни обов'язково обмазували глиною, білили, а подекуди фарбували в яскраві сині тони. Дахи в хатах чотирискіли, під соломою. Як правило, долівка робилася з кількох шарів глини з добавками соломи та січки. Така підлога була досить теплою, оскільки коефіцієнт теплосприйняття глини досить невеликий. Такі підлоги відносяться до «тепліх». На Поділлі здавна широко використовувався камінь. Найактивніше це робили мешканці басейну Дністра, на території між річками Збруч і Золота Липа та на покутсько-буковинському Подністров'ї. Без каменю важко собі уявити благоустрій та оформлення садіб і вулиць. Найрепрезентативнішими спорудами з каменю на Поділлі є, напевне, огорожі. В селах з неспокійним рельєфом переважно роблять кам'яний підмурок берега (до рівня дороги). У деяких місцевостях камінь використовували як основний будівельний матеріал для житлових споруд.

Увесь простір хати був чітко поділений на функціонально призначені місця. Особливості розпланування подільського житла свідчать про те, як селяни оптимально розташовували кімнати, правильно орієнтували оселю (рис.2). Чільною стороною хата завжди виходила на світлу сторону горизонту – південно-східну, південну та південно-західну. Тут розташована більшість вікон, що мають невеликі розміри для збереження тепла взимку і зменшення перегріву в літні місяці. Важливим планувальним елементом сільської оселі були сени, що мали призначення теплового шлюзу. Останнім часом дану функцію перебрала на себе веранда, яка ввібрала в себе велику кількість господарських потреб.

На Буковині також віддавна споруджували будинки з дерева. На зруб, складений з менш цінних порід дерева, густо набивали клини, накидали суміш глини з соломою і вирівнювали поверхню. Багато уваги приділяли обробці торців кутів, зберігаючи при цьому їхню ступінчастість.

Дерево є екологічно безпечним матеріалом. Воно є одним з перших будівельних матеріалів, що застосовуються для будівництва будинків. Стіни з цього матеріалу «дихають», так як їм властиво пропускати повітря, причому в обох напрямках. Якщо дивитися санітарно-гігієнічні вимоги, то брусові і



зроблені з колод стіни є найбільш комфортними. Вони мають гарні властивості теплоізоляції. Що стосується міцності, то недоліків тут немає. Єдиним мінусом є низька біо- і вогнестійкість, але для цього існує різні антисептики, які продовжать термін життя будинку в кілька разів. Найбільш поширеними на сьогодні матеріалом є профільований брус і оциліндрованої колоди. Будинок з колоди збирається досить швидко і при цьому має досить привабливий і охайний вигляд. Що ж стосується профільованого бруса, то його колоди мають властивості деформуватися під час старіння.

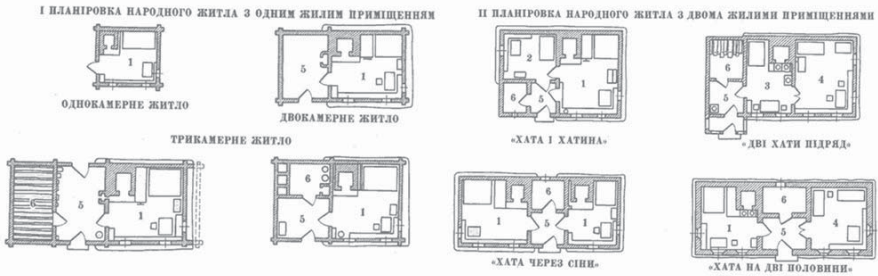


Рис. 2 Основні варіанти планування українського народного житла  
(за Самойловичем В.П.)

Умовні позначення: 1 – хата; 2 – хатина; 3 – кухня; 4 – світлиця; 5 – сіні; 6 – комора.

У західнополіському варіанті спостерігаємо житла з прибудованим також уздовж задньої стіни хати «двірцем», який складався з трьох частин: пукліта, задвірка і комірчини. Застосування одностороннього житла в більш холодній частині України є найбільш доцільним з побутової точки зору, бо основне жиле приміщення, в якому фактично жила сім'я, взимку було теплішим, оскільки в цьому випадку воно мало менший периметр, а тому й меншу площу зовнішніх стін.

В теплих південних районах України цей фактор менш вагомий особливо ще й тому, що стіни, які тут роблять з глини, мають завжди більшу товщину, ніж це потрібно за теплотехнічними вимогами.

В гірських районах використовуються переважно хвойні, а на Поліссі – листяні породи. Рівний, мірний ліс хвойних порід (сосни, ялини, смереки) давав можливість побудувати стіни із зрубу, що відповідають не лише конструктивним, естетичним, а й теплотехнічним вимогам. При використанні рівномірних листяних порід (дуб, граб, осика, верба, липа) окремі колоди припасовували одну до одної. Такий зруб не тільки мало привабливий зовні, але й менш якісний з погляду теплотехнічних вимог. Здебільшого в таких випадках стіни тими чи іншими засобами утеплюють, захищають від руйнівної дії атмосферних впливів.

Найпростішим засобом підвищення теплотехнічних якостей зрубу є конопачення швів між вінцями. Там, де якість зрубу гірша (південні райони північної зони та суміжні з ними райони лісостепу), шви промазують або

обмазують усю поверхню стіни глиняним чи вапняним розчином. Щоб розчин якщо тримався на стіні, її заздалегідь клинцюють або тинькують.

Обшивка зрубу дошками не тільки сприяє збереженню тепла, захищає деревину від руйнування, а й покращує зовнішній вигляд будинку, особливо якщо обшивка фарбується у різні кольори. Значним недоліком стін із глини, в тому числі із саману є те, що під впливом атмосферної вологи, вони сиріють, внаслідок чого зазнають досить значної деформації. Щоб уникнути цього, в південних районах стіни з саману після їх осідання часто облицьовують цеглою, іноді – лише нижню частину стіни (до рівня вікон), а часом – усю стіну. Звичайно, будинки з такими стінами були міцнішими і теплішими, але й дорожчими, тому будували їх здебільшого заможні селяни.

Започаткування обігріву приміщень технологічно більш досконалими пристроями – піччю, камінами – покладає початок нового етапу розвитку структури житла. Навколо вогнища з розгалуженими комунікаціями транспортування тепла формується більш складна об'ємно-просторова комбінація житлового середовища. Виникає проблема теплового зонування внутрішнього простору будівлі, закріплюються стандартні прийоми вирішення планувальних схем.

Перехід до використання технологічно перетворених енергетичних джерел, тобто вторинних джерел енергії, дав поштовх до розвитку інженерних опалювальних систем нового рівня – централізованого парового опалення, тепло-повітряного опалення, електрообігріву. Гнучкість систем опалювання в помешканні житлових будівель призвела до децентралізації структурних елементів помешкання, досі орієнтованих на єдине теплове ядро. Поліцентричність теплового забезпечення житлових будівель розширює можливості створення різноманітних архітектурно-планувальних рішень, тому сучасне житло з розвинутою системою теплопостачання має гнучку організацію від регулярної до мозаїчної.

Формотворення енергоефективних архітектурних об'єктів можна уявити як процес досягнення енергетичного балансу на різних ієрархічних рівнях художньо-виразними, архітектурно-планувальними засобами при інженерно-конструктивних обмеженнях (рис. 2). Сучасні прогностичні дослідження стверджують сталість у майбутньому основних функціональних вимог до житла у поєднанні з ростом кількості вживаної енергії та ефективності її використання. Зважаючи на зростання питомої ваги сонячної енергії в структурі енергоспоживання, можна передбачити вплив цього фактору на архітектуру майбутнього житла. Отже, гіпотетично майбутнє житло буде мати ознаки універсальної структури з бажаною довільною загальною формою будівель та їх елементів завдяки комплексності систем теплонадходження.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Дослідження представленої теми є кроком у відродженні культурних надбань та традицій, вдосконаленні процесу сучасного проектування з точки зору формування неповторного національного стилю та збереження своєрідності та унікальності архітектурних традицій в процесі інтеграції засобів альтернативної енергетики в структуру будівлі, визначення взаємозв'язку сучасних і колишніх принципів

організації житлового простору та знаходження можливостей їх взаємного впливу.

Розгляд ретроспективи засобів енергозбереження в народному житлі свідчить про зростання на сучасному етапі та у майбутньому значення проблеми енергозбереження шляхом пошуку альтернативних джерел енергії.

### **Література**

1. *Абизов В. А.* Теорія розвитку архітектурно-будівельних систем / *В. А. Абизов.* – К., 2009 – 239 с.
2. *Георгієва О. С.* Українські народні традиції як складова дизайну сучасного індивідуального житла: дис.канд.мист.: 17.00.07 / *Георгієва Олена Сергіївна.* – К., 2012 – 149 с.
3. *Данилюк А. Г.* Релікти давнього будівництва / *А. Г. Данилюк.* — Рівне, 1995. – 80 с.
4. *Єжов В. І.* Архітектурно- конструктивні системи цивільних будівель: історія, передумови, пошук, перспективи : Учб. посібник для студентів архітектурних вузів / *В. І. Єжов, О. С. Слепцов, Б. В. Гусева;* під ред. В.І. Єжова – К.: АртЕк, 1998. – С. 315-320.
5. *Прессер О. В.* Прийоми формування середовища індивідуального житла з використанням природних джерел енергії, що поновлюються: магістр.роб.: 17.00.07 / *Прессер Оксана Віталіївна.* – К., 2014 – 126с.
6. *Пономарьов А. П.* Українська минувшина: Ілюстрований етнографічний довідник / *А. П. Пономарьов, Л. Ф. Артюх, Т. В. Косміна та ін.* – К.: Либідь, 1993. — 108 с.
7. *Рудинська Г. О.* Українські історико-культурні традиції, як складова дизайну інтер'єру готельних комплексів: магістр.роб.: 17.00.07 / *Рудинська Ганна Олександрівна.* – К., 2014 – 183 с.
8. *Самойлович В. П.* Народное архитектурное творчество Украины / *В. П. Самойлович.* – К.: Будівельник, 1989. – 344 с.

### **УКРАИНСКИЕ ИСТОРИКО-КУЛЬТУРНЫЕ ТРАДИЦИИ В АСПЕКТЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛИЩНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

*Рудинская А. А.*

На основе исследования влияния различных факторов и условий, в работе определяются особенности формирования народных традиций дизайна среды индивидуального жилья с использованием альтернативных источников энергии в контексте историко-культурного наследия Украины; определяется взаимосвязь прогрессивных и традиционных принципов организации жилого пространства и поиск возможностей их взаимного влияния.

**UKRAINIAN HISTORICAL AND CULTURAL TRADITIONS  
IN THE CONTEXT OF ENERGY EFFICIENCY OF CONSTRUCTION OF  
INDIVIDUAL HOUSES**

*Hanna O. Rudynska*

Based on the study of various factors and conditions influence are determined by peculiarities of national traditions of individual housing environment design with using alternative energy sources in the context of historical and cultural heritage of Ukraine; determined by interconnection of progressive and traditional principles of living space organization and finding possibilities of their mutual influence.

## ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ ТЕПЛОТИ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТРУБОПРОВОДАХ ЗА РАХУНОК УТЕПЛЕННЯ ЗАПІРНОЇ АРМАТУРИ

<sup>1</sup>Національний університет «Львівська політехніка», Україна,

<sup>2</sup>Компанія K-FLEX, Україна

*В даній статті описано заходи для зменшення втрат теплової енергії у технологічних трубопроводах котельні за рахунок утеплення запірної арматури. Теоретично визначено необхідну товщину теплоізоляційного шару матеріалу K-FLEX для утеплення засувки. Проведено експериментальні дослідження для визначення ефективності теплоізоляційного шару K-FLEX та визначено, що, при його використанні, температура на поверхні ізольованої засувки зменшилась у 2,5 рази.*

**Постановка проблеми.** Транспортування теплоти від джерела теплоти до споживачів супроводжується втратами теплової енергії. За різними даними величина тепловтрат при транспортуванні в існуючих теплових мережах оцінюється у 10-30% від теплової енергії, що відпускається джерелом теплоти. [1, 2] Теплові втрати включаються у тарифи на теплову енергію та є одним з показників енергетичної ефективності експлуатації теплових мереж, тому зменшення величини цих втрат є важливою задачею.

На існуючих трубопроводах теплових мереж теплоізоляція знаходиться у задовільному стані, а тепла ізоляція запірної арматури теплофікаційних камер, теплових пунктів, опалювальних котельнь переважно відсутня. Такі умови експлуатації теплових мереж призводять до додаткових тепловтрат через запірну арматуру та елементи їх з'єднання. Так, втрати теплоти з 1 м неутепленої поверхні в умовах характерних для теплових камер у холодний період року складають понад 0,001 Гкал/год [3]. Якщо врахувати, що опалювальний період у Львові становить 4584 год, то втрати теплової енергії за вказаний період є значними, а паливні ресурси витрачаються з перевитратою.

Відсутність теплоізоляції на запірній арматурі трубопроводів в приміщеннях котельні призводить до істотних теплових втрат, збільшення температури повітря робочої зони котельного залу, а також до збільшення ризику отримання опіків у обслуговуючого персоналу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для зменшення споживання палива при виробленні теплової енергії у котельнях та зменшення втрат теплової енергії у приміщенні котельного залу відповідно до ДБН В.2.5-77:2014 всі розташовані у приміщенні котельні трубопроводи та обладнання, які транспортують теплоносії з температурою вище за 45°C, а також їх фланцеві з'єднання та арматура повинні мати теплову ізоляцію [4]. Оскільки такі

елементи теплової мережі як фланцеві з'єднання, засувки, затвори, регулюючі клапани, вентиля, фільтри, компенсатори, вимірювальні прилади потребують оперативного доступу для проведення ремонтних та профілактичних робіт, тому їх теплоізоляції повинна швидко демонтуватися та мати можливість повторного нанесення.

Відповідно до СНиП 2.04.14 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» (п. 2.9.) для ізоляції люків, фланцевих з'єднань, арматури, сальникових та сильфонних компенсаторів трубопроводів, а також у місцях вимірювання та перевірки стану ізолювальних поверхонь необхідно застосовувати знімні теплоізоляційні конструкції [5].

На даний час промисловість випускає знімні теплоізоляційні вироби: термочохли та термобокси (термобокси). Вони дозволяють зменшити втрати теплоти від трубопровідних фітінгів та дають можливість періодичного огляду та (або) технічного обслуговування. На рис. 1 зображені варіанти утеплення засувок.

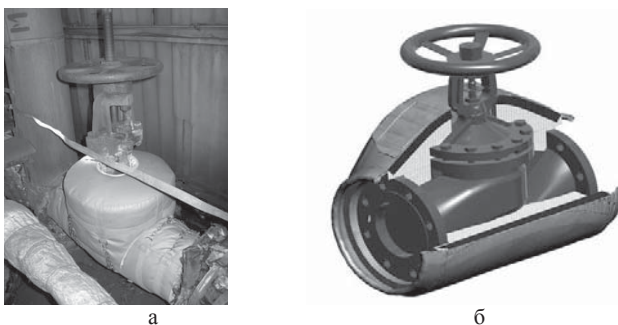


Рис. 1. Схема сполучення в'язей:  
а – термочохол; б – термобокс

Термочохли – гнучкі знімно-роз'ємні теплоізоляційні конструкції багаторазового використання. Форма і габарити термочохлів підбираються і зшиваються таким чином, щоб термочохол ідеально підходив до форми ізолюваного об'єкта. Кріпиться термочохол на арматурі за допомогою різних видів ременів, шнурів залежно від форми елемента теплової мережі. Термочохол складається з двох частин: внутрішня частина – гнучкий теплоізоляційний матеріал, зовнішня частина – покривний шар з міцної технічної тканини. Термочохли дозволяють легко і оперативно отримати доступ до поверхні різного устаткування, що вимагає тепло- і звукоізоляції. В Україні термочохли випускаються під торговою маркою «ТЕРМОПАК» [6]. Вибір теплоізоляційних матеріалів і покривного шару залежить від технічних вимог до конкретної теплоізоляційної системи. Такі вимоги відображаються у технічних характеристиках чохла:

- густина 20-200 кг/м<sup>3</sup>;
- робоча температура від -260°C до +1400 °C;

- коефіцієнт теплопровідності 0,0202-0,034 Вт/(м<sup>2</sup>·К);

- теплоізоляційні матеріали: базальтові мати, склополотно, кріогель, пірогель, вспінений каучук.

У якості багаторазової теплоізоляції запірної арматури теплової мережі, використовують також термобокси різних геометричних форм (рис. 2) [7].



Рис. 2. Варіанти конструкцій термобоксів [7]

а – F-бокс, б – V-бокс, в – T-бокс

Засувки ізолюються знімними коробами з перетином у вигляді усіченого еліпса (V-бокс) або Т-подібними коробами (Т-бокс). Вибір варіанту термобоксу визначається залежно від геометричних розмірів засувки (рис. 3):

- якщо  $h < \frac{d_\phi}{2 + \delta + 100}$ , то виконується F-бокс,
- якщо  $h \geq \frac{d_\phi}{2 + \delta + 100}$ , то виконується Т-бокс,

де  $h$  – висота розташування сальника, вимірюється від поздовжньої осі засувки до нижньої частини болтів сальникового ущільнення,  $d_s$  – зовнішній діаметр трубопроводу,  $d_\phi$  – діаметр фланця,  $\delta$  – товщина ізоляції.

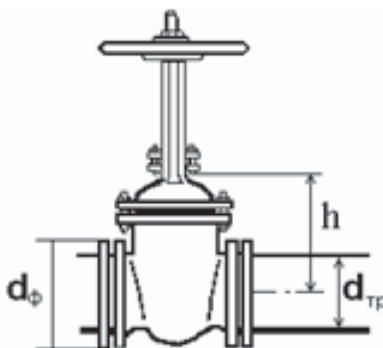


Рис. 3. Визначення геометричних розмірів засувки при виготовленні термобоксу

Ще одним з варіантів зменшення втрат теплоти від регулювальної та запірної арматури теплових мереж є покриття їх теплоізоляційної фарбою. В

основі теплоізоляційної фарби є водно-акрилова суміш, яка забезпечує рівномірний розподіл теплоізоляційних компонентів на поверхні і сприяє закріпленню теплоізоляції. В якості теплоізоляційної складової у таке покриття вводяться добавки у вигляді скловолокна, перліту, піноскла або керамічних мікросфер, заповнених повітрям. Теплоізоляційні властивості залежать від товщини нанесення шару теплоізоляційної фарби. Коефіцієнт теплопровідності, заявлений виробниками, 0,001-0,003 Вт/(м·К), робоча температура використання фарби від -60°C до +260 °C, а термін експлуатації 12-40 років. В Україні теплоізоляційні фарби виготовляють під торговими марками «Тезолат», «Керамоізол», тощо.

Проте, як свідчать експериментальні дослідження теплоізоляційних фарб, заявлений виробниками коефіцієнт теплопровідності є значно занижений. Так у [8] зазначено, що коефіцієнт теплопровідності рідкої керамічної теплоізоляції становить  $\lambda = 0,089$  Вт/(м·К), а у [9] коефіцієнт теплопровідності покриття  $\lambda = 0,12$  Вт/(м·К). При використанні теплоізоляційної фарби такі значення коефіцієнта теплопровідності дозволяють зменшити температуру на поверхні трубопроводів та засувок теплових мереж лише на 1-3°C.

**Мета роботи:** зменшення втрат теплової енергії у приміщенні котельні шляхом застосування теплоізоляційного покриття на запірну арматуру трубопроводів теплової мережі.

**Основна частина.** Більшість діючих котельень в Україні були побудовані понад 30 років назад. Теплова ізоляція теплопроводів та запірної арматури в обов'язці котлоагрегатів подекуди зруйнувалась, подекуди втратила свої початкові теплоізолюючі властивості, а є ділянки, на яких теплоізоляція відсутня (рис. 4а).

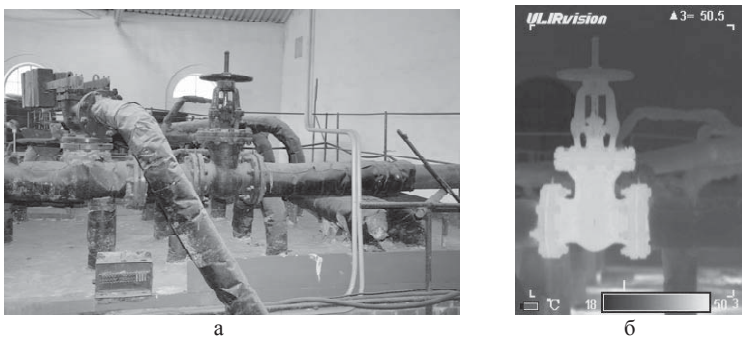


Рис. 4. Технологічні теплопроводи та запірна арматура існуючої котельні  
а – зовнішній вигляд, б – зображення з тепловізора засувки без теплової ізоляції

Такий стан теплової ізоляції призводить до втрат теплоти магістральними теплопроводами вже починаючи з приміщення котельні. Для підтвердження цієї думки було виконано дослідження тепловізором ділянок теплопроводу із запірною арматурою, температура теплоносія при цьому становить 52°C. Зображення з тепловізора (рис. 4б) ділянки теплопроводу із засувкою дозволяє



візуально переконатись у високій температурі на її поверхні та зробити висновок про значні втрати теплової енергії. Трубопроводи навколо засувки утеплені мінеральною ватою, в якості матеріалу для покриття використано шар руберойду.

Як видно, з рис. 4б, температура поверхні засувки майже дорівнює температурі теплоносія, а її значення перевищує значення температури нагрітих поверхонь в обслуговуваній зоні приміщень, що становить 35°C. Температура поверхні теплопроводів, які утеплені, знаходиться у допустимих межах за значенням температури на поверхні нагрітого обладнання.

В якості теплоізоляційного матеріалу для утеплення засувки було обрано теплову ізоляції зі спіненого каучуку «K-FLEX» [10]. За даними фірми-виробника, матеріали K-FLEX мають низьке значення коефіцієнта теплопровідності 0,034-0,042 Вт/(м·К), діапазон температур, при яких експлуатується матеріал від -200°C до +150°C. Товщина теплової ізоляції становить 3 – 50 мм. Ці матеріали в межах терміну служби конструкції не зволожуються і не накопичують вологу, тому їх теплозахисні властивості практично не змінюються. Досить висока технологічність монтажу цього типу теплової ізоляції забезпечується завдяки високій гнучкості і широкому асортименту готових форм у вигляді трубок, поворотів, трійників. Це дозволяє з мінімальними труднощами встановлювати вироби у важкодоступних місцях і на поверхнях складної форми.

Товщину утеплювального шару ізоляції «K-FLEX» для засувки приймають такою ж як і для прямої ділянки теплопроводу за даних умов експлуатації. Товщина теплоізоляційного шару трубопроводів, якими транспортується теплоносій з додатними температурами, визначалася за нормованою густиною теплового потоку через ізольовану поверхню.

Так, для циліндричних об'єктів діаметром менше 2 м товщина теплоізоляційного шару визначається за формулою:

$$\delta_{iz} = \frac{d_3}{2} (B - 1) \quad (1)$$

$$\ln B = 2\pi\lambda_{iz} \left( r_{tot} - r_m - \frac{1}{\alpha_3\pi(d_3 + 0,1)} \right) \quad (2)$$

де  $B = \frac{d_{iz}}{d_3}$  – відношення зовнішнього діаметра ізоляційного шару до зовнішнього діаметру трубопроводу;  $r_{tot}$  – опір теплопередачі на 1 м довжини теплоізоляційної конструкції циліндричних об'єктів діаметром менше 2 м, (м·К)/Вт;  $r_m$  – термічний опір стінки трубопроводу, для металевих трубопроводів цим значенням можна знехтувати;  $d_3$  – зовнішній діаметр трубопроводу, м;  $\lambda_{iz}$  – теплопровідність ізоляційного матеріалу, Вт/(м·К);  $\alpha_3$  – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішнього повітря до поверхні теплопроводу, Вт/(м²·К).

Опір теплопередачі на 1 м довжини теплоізоляційної конструкції може бути визначений за відомим значенням нормованої лінійної густини теплового потоку:

$$r_{tot} = \frac{t_2 - t_{нов}}{q_e K_1}, \quad (3)$$

де  $t_2$  – температура гарячої води, що транспортується у теплопроводі, °С;  $t_{нов}$  – температура внутрішнього повітря у приміщенні котельні, °С;  $q_e$  – нормована лінійна густина теплового потоку з 1 м довжини циліндричної теплоізоляційної конструкції, Вт/м;  $K_1$  – коефіцієнт, який враховує зміну вартості теплоти та теплоізоляційної конструкції залежно від району будівництва та способу прокладання трубопроводів, для України незалежно від типу прокладання теплопроводів приймається  $K_1 = 1$ .

Для умов експлуатації теплопроводів у приміщенні котельні, а саме зовнішнього діаметру теплопроводу  $d_3 = 160 \text{ мм}$ , розрахунковій температурі гарячої води  $t_2 = 65^\circ \text{C}$ , температури внутрішнього повітря у приміщенні  $t_{нов} = 20^\circ \text{C}$ , товщина теплоізоляції K-FLEX відповідно до залежності (1) повинна дорівнювати 0,0186 м. Для виготовлення чохла на засувку було використано теплоізоляційний лист K-FLEX ST з товщиною 25 мм. Виготовлення теплоізоляційного чохла здійснювалося за почерговою інструкцією вироблення чохла від фірми K-FLEX (рис. 5) [11].

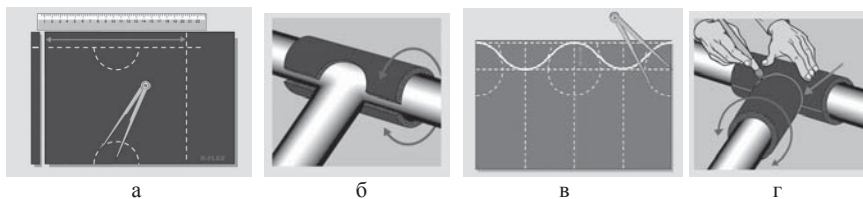


Рис. 5. Виготовлення викройки теплоізоляційного чохла на засувку [11]

- а – розкрій частини чохла на горизонтальну частину засувки,
- б – монтування горизонтальної частини чохла на засувку,
- в – розкрій частини чохла на вертикальну частину засувки,
- г – монтування вертикальної частини чохла на засувку.

Після нанесення теплової ізоляції теплонадходження від засувки в оточуюче середовище зменшилися, що візуально видно на зображенні з тепловізора (рис. 6). При температурі на поверхні неутепленого теплопроводу  $74,2^\circ \text{C}$ , температура на поверхні утепленої засувки матеріалом K-FLEX становила  $28,7^\circ \text{C}$ , що відповідає вимогам до температури на поверхні ізоляції нагрітого технологічного обладнання в обслуговуваній зоні, а саме  $35^\circ \text{C}$ . Температура на поверхні теплопроводів та ізоляції вимірювалася за допомогою пірметра.

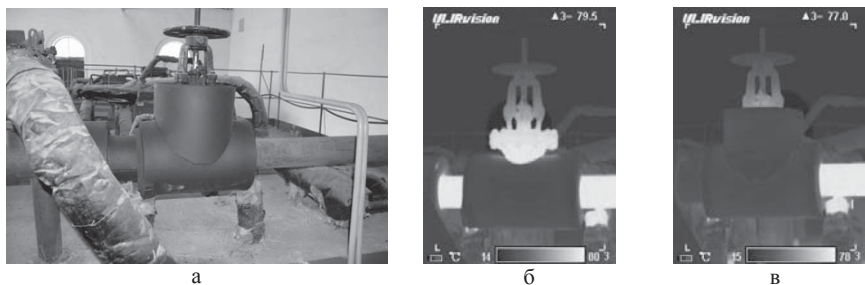


Рис. 6. Утеплення засувки матеріалом K-FLEX  
а – зовнішній вигляд теплоізоляційного чохла, б,в – зображення з тепловізора

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** В результаті нанесення теплової ізоляції K-FLEX товщиною 25 мм вдалося зменшити температуру на поверхні засувки з  $74,2^{\circ}\text{C}$  до  $28,7^{\circ}\text{C}$ . Таке значення температури відповідає нормативним вимогам до степені нагрятості поверхонь ізоляції у обслуговуваній зоні приміщень, а саме  $35^{\circ}\text{C}$ .

## Література

1. Кузник И. В. «Тупиковость» теплоснабжения России / И. В. Кузник // Энергосбережение. – 2007. – №5. – С. 43–47.
2. Ливчак В. И. Предложения по изменению системы расчетов за тепловую энергию. / В. И. Ливчак // АВОК. – 1998 – №1. – С. 64–68.
3. Герлинский Н. Б. Технология повышения надежности и снижения энергетических потерь в тепловых камерах / Н. Б. Герлинский, П. А. Анахов / Электронный журнал «Энергосовет». – 2011. – №3 (16). – С.37-40.
4. ДБН В.2.5-77:2014. Котельні. – Київ : Мінрегіон України. – 2014. – 61 с.
5. СНиП 2.04.14-88. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. – М. : Госстрой СССР. – 1988. – 28 с.
6. Съёмные термочехлы ТЕРМОПАК [Электронный ресурс] / Центр энергосберегающих технологий (сайт). – Режим доступа <http://est.net.ua/production/> – Назва з екрану.
7. Боксы для тепловой изоляции [Электронный ресурс] / Теплов и Сухов (сайт). – Режим доступа – <http://teplov.ru/manufacture/production/boxes/> – Назва з екрану.
8. Теплофизические характеристики жидкого керамического теплоизоляционного материала на основе алюмосиликатных и натриево-боросиликатных микросфер / Л. И. Чумадова, М. Ю. Скорилов, Т. Г. Степанян, М. В. Морозов, Д. М. Вестников // Электронный научно-практический журнал «Современные научные исследования и инновации». – Режим доступа – <http://web.snauka.ru/issues/2016/01/62263> – Назва з екрану.

9. Методика определения теплофизических свойств теплоизоляционных покрытий / М. В. Губинский, Г. М. Затопляев, Ю. Н. Радченко, А. М. Вохмяков // Творческое наследие В. Е. Грум-Гржимайло: прошлое, современное состояние, будущее : сборник докладов международной научно-практической конференции (27–29 марта 2014 г., г. Екатеринбург). – Екатеринбург : УрФУ, 2014. – Ч. 1. – С. 189–193.

10. K-FLEX. Эффективная энергия. – 2014. – 48 с.

11. L'ISOLANTE K-FLEX. – Режим доступа – <http://www.k-flex.ua/upload/pdf/Bolee125.pdf> – Назва з екрану.

### **УМЕНЬШЕНИЯ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДАХ ЗА СЧЕТ УТЕПЛЕНИЯ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ**

*Савченко Е. А., Желих В. М., Постоленко А. М.,  
Конюховский И. В., Нестерович Г. А.*

В данной статье описаны меры для уменьшения потерь тепловой энергии в технологических трубопроводах котельной за счет утепления запорной арматуры. Теоретически определена необходимую толщину теплоизоляционного слоя материала K-FLEX для утепления задвижки. Проведены экспериментальные исследования для определения эффективности теплоизоляционного слоя K-FLEX и определено, что при его использовании, температура на поверхности изолированной задвижки уменьшилась в 2,5 раза.

### **REDUCTION OF LOSS OF HEAT IN THE TECHNOLOGICAL PIPELINES BY APPLYING HEAT INSULATION ON STOP VALVES**

*Olena O. Savchenko, Vasyl M. Zhelykh, Andriy M. Postolenko,  
Ivan V. Konyuhovs'kyi, Galyna A. Nesterovych*

Measures to reduce heat losses in technology pipelines of boiler house by applying heat insulation on stop valves are described in this article. The necessary thickness of the insulation material layer K-FLEX for stop valves insulation was theoretically defined. Experimental studies for determine the effectiveness of insulation layer K-FLEX were conducted. Use insulation K-FLEX allows reduce the surface temperature of stop valves 2.5 times.

## РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ НАСЛІДКІВ БУДІВНИЦТВА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ НА БІОСФЕРУ

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

*У статті запропоновано методику оцінювання наслідків будівництва енергоефективних будівель на біосферу, яка базується на комплексному врахуванні чинників, що мають місце при зведенні, експлуатації та знесенні будівель. Методика заснована на концепції біосферної сумісності міст та поселень та реалізована у вигляді узагальненої функції бажаності Харрінгтона.*

**Постановка проблеми.** Донедавна основним завданням будівництва було створення штучного середовища, що забезпечує умови життєдіяльності людини. Навколишнє середовище розглядалася лише з точки зору необхідності захисту від її негативних впливів на створюване штучне середовище. Зворотний процес впливу будівельної діяльності людини на навколишнє природне середовище та штучного середовища на природне повною мірою став предметом розгляду порівняно недавно. Лише окремі аспекти цієї проблеми, в міру практичної необхідності, вивчалися і вирішувалися поверхнево (наприклад, видалення та утилізація відходів життєдіяльності, турбота про чистоту повітря в населених пунктах і т.п.). Тим часом будівництво є одним з потужних антропогенних факторів впливу на навколишнє середовище.

Антропогенний вплив будівництва різноманітний за своїм характером і відбувається на всіх етапах будівельної діяльності – видобуток та виробництво будівельних матеріалів, будівництво об'єктів, їх експлуатація і закінчується демонтажем відпрацьованих будівель.

Однак саме будівництво – процес відносно швидкоплинний. Значно складніша справа пов'язана з впливом на природу вже побудованих об'єктів – будівель, споруд та урбанізованих територій. Їхній вплив на навколишнє природне середовище ще недостатньо вивчено, тому практично всі екологічні заходи носять рекомендаційний характер.

При реалізації державної політики з енергоефективності, питання оцінювання наслідків від будівництва і експлуатації енергоефективних будівель є вкрай актуальним.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Згідно статті 51 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», проекти господарської та іншої діяльності повинні мати матеріали оцінки її впливу на навколишнє природне середовище (ОВНС) і здоров'я людей. Оцінка здійснюється з урахуванням вимог законодавства про охорону навколишнього природного середовища, екологічної ємкості даної території, стану навколишнього природного середовища в місці, де планується розміщення

об'єктів, екологічних прогнозів, перспектив соціально-економічного розвитку регіону, потужності та видів сукупного впливу шкідливих факторів та об'єктів на навколишнє природне середовище.

ОВНС є обов'язковим компонентом будь-якого інвестиційного проекту в Україні у значенні статті 51 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», статті 15 Закону України «Про екологічну експертизу», статті 31 Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності».

Взагалі, ОВНС в Україні регулюється положеннями принаймні 12-ма міжнародними договорами та конвенціями, 42-ма законами, численними підзаконними нормативними актами, методологічними роз'ясненнями і стандартами [1].

У США здійснення еколого-експертних досліджень було започатковано Законом про національну політику у сфері навколишнього середовища у 1969 р., норми якого покладають на відповідальних осіб обов'язок підготувати Заяву про вплив на навколишнє середовище. У ФРН ОВНС становить зміст екологічної експертизи і визначається Законом «Про екологічну експертизу». У Великобританії громадська екологічна експертиза являє собою аналог судового слухання, учасники якого мають можливість доказово обговорювати переваги і недоліки того чи іншого адміністративного рішення.

На міжнародному рівні правові питання проведення ОВНС визначаються у Конвенції ООН про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті, ратифікованій Законом України від 19 березня 1999 р., виконання якої є одним з основних завдань співробітництва у сфері охорони навколишнього природного середовища у відносинах між Україною і Європейським Союзом.

Питання впливу будівельних об'єктів на біосферу нерідко ставали предметом гострих дискусій у науковій сфері. Одні автори розглядають основні напрямки впровадження енерго- та ресурсозберігаючих технологій з конструктивно-технологічної точки зору [2], інші – досліджують економічну складову цього процесу [3, 4]; є напрямки з дослідження впливу об'єктів господарювання на медичні [5] соціальні аспекти [6]; у ряді робіт розглядаються питання впливу на екологію будівельних матеріалів [7], проведення будівельних робіт [8, 9], експлуатації будівель [10].

Нові підходи у вирішенні проблеми зниження антропогенного впливу на біосферу запропоновані в концепції біосферної сумісності міст і поселень [11]. Питання про поділ технічних інновацій на прогресивні і регресивні вирішуються по їх впливу на симбіотичне життя Біосфери і майбутніх поколінь людей. Якщо технології скорочують простір і час симбіотичного життя біосфери і людини – вони регресивні, якщо розширюють – прогресивні.

Основи методу розрахунку балансу біотехносфери розроблені Іллічовим В. О. та Малмигіним І. О. [11]. В [12] наводиться методика кількісної оцінки балансу біосфери і техносфери території в умовах розглянутої концепції розширеного відтворення головної продуктивної сили – чистої частини

біосфери, в умовах сучасного рівня урбанізації та обов'язкової умови реалізації всіх функцій міста. Для цього запропоновані два інтегральних показники:

$\eta$  – показник відносного значення біосферної сумісності території;

$\xi$  – показник рівня реалізації функцій біосферосумісного поселення (функції міста).

Для вирішення багатокритеріальних задач, до якої відноситься оцінювання впливу енергоефективних будівель на біосферу використовуються різні методи побудови узагальненого показника, причому одним з найбільш зручних способів виступає узагальнена функція бажаності Є. К. Харрінгтона [13]. Вона виникла в результаті спостережень за реальними рішеннями експериментаторів і має такі корисні властивості, як безперервність, монотонність і гладкість.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Зважаючи на вище сказане, пропонується методика оцінювання наслідків повного життєвого циклу енергоефективної будівлі на основі оцінок її впливу по узагальненій функції бажаності Харрінгтона. Замість простого порівняння параметри систем перераховуються в числові значення, а потім обробляються для отримання загального коефіцієнта системи.

**Основна частина.** Розроблення методики оцінювання біосферної сумісності архітектурних об'єктів, зокрема енергоефективних будинків, пропонується побудувати на ідеях, закладених при розрахунку показника рівня реалізації функцій біосферосумісного поселення  $\xi$  [12]. Цей принцип частково реалізований у узагальненому показнику екологічної безпеки цивільного будинку ЕБ $_{\Sigma}$  [14]. Але узагальнений показник екологічної безпеки не враховує соціальні, медичні та естетичні аспекти біосферної сумісності. Крім того, деякі аспекти потребують уточнення та вдосконалення. Запропонований нами раніш коефіцієнт біосферної сумісності конструкцій  $\varpi$  [15] – також є лише частковим коефіцієнтом біосферної сумісності.

Показник біосферної сумісності будівлі  $D$  пропонується розраховувати за формулою:

$$D = (D_M)^{m_M} \cdot (D_B)^{m_B} \cdot (D_J)^{m_J} \cdot (D_D)^{m_D}, \quad (1)$$

де  $D_M$  – показник біосферної сумісності матеріалів та виробів заводського виготовлення, з яких побудована будівля;

$D_B$  – показник біосферної сумісності етапу будівництва будівлі;

$D_J$  – показник біосферної сумісності етапу життя (експлуатації) будівлі;

$D_D$  – показник біосферної сумісності етапу демонтажу та утилізації матеріалів та конструкцій, з яких була збудована будівля;

$m_M, m_B, m_J, m_D$  – вагові коефіцієнти відповідних показників, які визначаються за результатами експертної оцінки, причому їхня сума дорівнює одиниці. На першому етапі їх можна прийняти однаковими, але в подальшому необхідно значення цих коефіцієнтів закріпити у нормативних документах на основі всебічного прорахунку та обговорення фахівцями та науковцями.

Кожний з показників у формулі (1), в своє чергу, є комплексним показником, який розраховується за формулою, подібною до (1), та враховує

значну кількість факторів впливу:

- показник біосферної сумісності матеріалів та виробів – вплив на біосферу видобування сировини, транспортування на заводи будіндустрії, виготовлення матеріалу або виробу, його складування та зберігання на складах заводів;

- показник біосферної сумісності етапу будівництва будівлі – вплив на біосферу технологічних процесів будівництва, з урахуванням транспортування виробів і матеріалів з заводів будіндустрії чи безпосередньо з місць видобування;

- показник біосферної сумісності етапу експлуатації будівлі – вплив на біосферу повсякденних процесів експлуатації, поточних та капітальних ремонтів;

- показник біосферної сумісності етапу демонтажу будівлі та утилізації відпрацьованих матеріалів та конструкцій – вплив на біосферу процесу руйнування будівлі, сортування відходів транспортування на заводи вторинної переробки для виготовлення матеріалу або виробу чи на звалища з подальшою утилізацією.

Показник  $D$  має інтервал від нуля до одиниці. Значення  $D = 0$  відповідає абсолютно біосфернонесумісній будівлі, а значення  $D = 1$  – абсолютно сумісній.  $D = 0,37$  відповідає границі допустимих значень. У табл. 1 наведено стандартні оцінки за шкалою бажаності.

Таблиця 1

Стандартні оцінки за шкалою бажаності

Словесна оцінка бажаності	Оцінка за шкалою бажаності
Відмінно	$0,8 \leq D < 1$
Добре	$0,63 \leq D < 0,80$
Задовільно	$0,37 \leq D < 0,63$
Погано	$0,20 \leq D < 0,37$
Дуже погано	$0 \leq D < 0,20$

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Запропонована методика надає узагальнений підхід до проблеми оцінки біосферної сумісності існуючих і проєктованих об'єктів самого різного призначення, а також удосконалює можливості оптимізації як самих методів порівняння, так і процесу розробки нових будівель.

В подальшому необхідно конкретизувати розрахунок кожного часткового коефіцієнта біосферної сумісності будівлі у формулі (1), що надасть можливість оцінювати біосферну сумісність проєктів енергоефективних будівель і розробити відповідні нормативні документи.



## Література

1. Розробка матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС). – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ecozahist.com.ua/otsinka-vplivu-na-navkolishnye-seredovische-ovns/>
2. *Береговой А. М.* Экологические параметры в архитектурно–строительном проектировании здания как единой энергетической и экологической системы / *А. М. Береговой, М. А. Дерина, А. С. Щеглова* // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.science-education.ru/121-18447](http://www.science-education.ru/121-18447).
3. *Бенуж А. А.* Оценка совокупной стоимости жизненного цикла здания с учетом энергоэффективности и экологической безопасности / *А. А. Бенуж, Д. В. Подшиваленко* // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 10. – С. 43-46.
4. *Кобелева С. А.* Оценка технико-экономических показателей ресурсо- и энергосберегающих конструкций зданий / *С. А. Кобелева* // Вестник МГСУ. – 2011. – № 3. – Т. 1 – С. 429-433.
5. *Першегуба Я. В.* Гігієнічна оцінка комплексного (аерогенного і перорального) навантаження хімічних канцерогенів на населення великого міста за критерієм ризику : автореф. дис. на здоб. наук. степені канд. мед. наук : 14.02.01 «Гігієна та професійна патологія» / *Я. В. Першегуба*. – Киев, 2010. – 22 с.
6. *Кобелева С. А.* Системное представление социальной составляющей экологической безопасной жилищной сферы региона / *С. А. Кобелева* // Строительство и реконструкция. – 2014. – № 5. – С. 37-41.
7. *Лапина О. А.* Экологическая оценка строительных материалов / *О. А. Лапина, А. П. Лапина* // Наукоеведение. – 2013. – № 5. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://naukovedenie.ru/PDF/20ergsu513.pdf>
8. *Бережный А. Ю.* Зависимость комплексного показателя экологической нагрузки от организационно-технологических решений при оценке воздействия строительства на окружающую среду : автореф. дисс. на соиск. науч. степени канд. техн. наук : спец. 05.23.19 «Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства» / *А. Ю. Бережный*. – М., 2012. – 22 с.
9. *Лapidус А. А.* Математическая модель оценки обобщенного показателя экологической нагрузки при возведении строительного объекта / *А. А. Лapidус, А. Ю. Бережный* // Вестник МГСУ. – М. : МГСУ, 2012. – С. 149-153.
10. *Мовчан Я. І.* Оцінка екологічного ризику погіршення сучасного стану урбанізованих територій / *Я. І. Мовчан, О. В. Рибалова, Д. В. Гулівець* // // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2013. – №3/11 (63) – С.37-41.
11. *Ильичев В. А.* Принципы преобразования города в босферосовместимый и развивающий человека. : Научная монография / *В. А. Ильичев, С. Г. Емельянов, В. И. Колчунов и др.* – М. : Издательство АСВ, 2015. – 184 с.
12. *Ильичёв В. А.* Некоторые вопросы проектирования поселений с позиции биосферной совместимости / *В. А. Ильичёв, В. И. Колчунов, А. В. Берсенева, А. Л. Поздняков.* // РААСН : Академия. – 2009. – № 1. – С. 80-87.

13. Живицкая Е. А. Системный анализ и проектирование / Е. А. Живицкая // Лекции и учебные пособия по системному анализу. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://victor-safronov.ru/systems-analysis/lectures/zhivickaya/19.html>.

14. Кобелева С. А. Систематизация и выявление направлений качественной оценки потенциала энерго- и ресурсосбережения гражданских зданий / С. А. Кобелева // Строительство и реконструкция. – 2014. – № 5 (55). – С. 61-66.

15. Сергейчук О. В. Разработка норм по строительной физике с учетом биосферной совместимости / О. В. Сергейчук // Социальные стандарты качества жизни в архитектуре, градостроительстве и строительстве : Труды РААСН. – М. : РААСН, 2011. – С. 478-482.

### **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТРОИТЕЛЬСТВА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ НА БИОСФЕРУ** *Сергейчук О. В., Щербакова Е. Н.*

В статье предложена методика оценки последствий строительства энергоэффективных зданий на биосферу, которая базируется на комплексном учете факторов, имеющих место при возведении, эксплуатации и сносе зданий. Методика основана на концепции биосферной совместимости городов и поселений и реализована в виде обобщенной функции желательности Харрингтона.

### **DEVELOPMENT OF METHODOLOGY CONSEQUENCE ASSESSMENT OF ENERGYEFFICIENT BUILDING ON BIOSPHERE** *Oleg Sergeychuk, Olena Scherbakova*

In the article, methodology consequence assessment of energy efficient buildings on the biosphere is performed. This is based on many factors including construction, exploitation and demolition. Methodology is a concept depended on the biosphere compatibility of cities and settlements and is realized as a general function of desirability of Harrington.

## ОБЛАСТІ ЕФЕКТИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ СТАЛЕФІБРОБЕТОНУ

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

***В роботі приведено огляд конструкцій з застосуванням сталевібробетону в будівельній галузі. Наведені основні характеристики і переваги сталевібробетону та приклади конструкцій виготовленні з його використанням.***

**Постановка проблеми.** Одне з актуальних завдань розвитку будівництва пов'язане з розробкою нових матеріалів і впровадження ефективних будівельних конструкцій. В даний час з ростом висотних будівель, в будівельній галузі, ведуться розробки спрямовані на зниження власної ваги несучих конструкцій, матеріаломісткості, вартості та трудомісткості будівництва, підвищення несучої здатності, тріщиностійкості довговічності конструкцій, поліпшення архітектурних і експлуатаційних якостей будівель і споруд. Одним з таким матеріалів, який відповідає вище наведеним характеристикам є сталевібробетон та конструкцій виготовленні з його використанням.

Сталевібробетон – бетон, армований рівномірно-розподіленим в його об'ємі сталевими фібрами (Рис. 1).

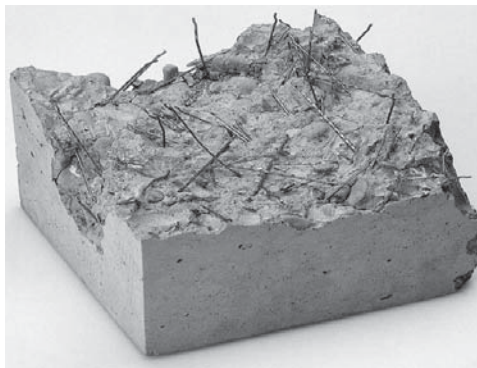


Рис. 1. Загальний вигляд сталевібробетону

Сталевібробетон складається з трьох компонентів: крупного заповнювача (щебінь), сталевих волок (фібри), сполучного матеріалу (розчину).

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Відомі широкі дослідження в галузі використання сталевібробетонів, це праці: Аболинська Д. С.,

Барашикова А. Я., Гетун Г. В., Журавського О. Д., Лисенка Є. Ф., Сунака О. П., Bach G., Huber T., Wastiels J. та інших.

Аналіз і узагальнення досвіду їх використання вказують на ефективність застосування сталевібробетонів для різних видів і типів конструкцій у будівельній галузі.

Відтак пошук сфер ефективного застосування сталевібробетонів в будівельній галузі є метою даного дослідження.

**Постановка задачі.** Для виконання поставленої мети, зважаючи на вище сказане, проведемо порівняння експлуатаційних якостей, огляд існуючих конструкцій і аналіз досліджень з застосування сталевібробетонів у будівництві.

**Основна частина.** Сталевібробетон володіє набором специфічних властивостей, значно переважаючих за показниками властивості звичайного бетону, і становить значну частку (12-15%) у загальному обсязі використовуваного бетону в світовій практиці. У наш час діє серійне виробництво сталевих фібр, що становить близько 350-400 тис. тон на рік. Слід зазначити, що сталевібробетон – це не модифікація звичайного бетону, а зовсім новий матеріал, який володіє відповідними якісними і кількісними характеристиками. Про ефективність застосування сталевібробетону в будівництві свідчить зарубіжний досвід його застосування, а також широкий асортимент сталевих фібр.

Ефективність застосування сталевібробетону досягається в результаті зниження трудозатрат, насамперед за рахунок часткового або повного виключення арматурних робіт і зниження матеріалоємності конструкцій, а також зниження їхньої вартості при одночасному підвищенні експлуатаційних якостей і довговічності конструкцій.

Області застосування сталевібробетонних конструкцій визначаються такими характеристиками сталевібробетона, як висока міцність на розтягування, тріщиностійкість й ударна в'язкість, гарний опір стиранню й впливу високих температур, висока морозостійкість і водонепроникність й ін.

Використання сталевібробетону відкриває можливість широкого використання дрібнозернистих бетонів для виготовлення конструкцій, а це сприяє використанню місцевих ресурсів – піску й економії привозного щебеню для бетону або організації виробництва штучних заповнювачів.

Для виробництва сталевібробетонних конструкцій у якості звичайної фібри поряд зі спеціальними, можуть використатися відпрацьовані канати й троси, відходи металообробних верстатів й інші волокна.

Застосування фібрової арматури у конструкціях дозволяє частково заощаджувати стержневу арматуру. Але при цьому в великопрольотних конструкціях, елементах, що зазнають ударних або динамічних навантажень, а також у відповідальних спорудах повна заміна стержневої арматури фібровою неприпустима, тому що остання в незначній ступені забезпечує пружнопластичну роботу конструкції.

Застосування фібрової арматури дозволяє зменшити арматурні роботи відмовитися від сіток, а в ряді випадків – і від каркасів, виготовлення,

установка яких в проектне положення вимагають спеціальних робіт і трудозатрат. Нарешті, використання сталефібробетона дає можливість сполучити процеси армування й укладання бетону в конструкцію. При цьому відкривається широкий фронт для застосування торкретування бетону й виготовлення монолітних конструкцій.

На підставі світового та вітчизняного досвіду експериментального будівництва можна виділити наступні області ефективного застосування сталефібробетону (Рис. 2).

Відповідно, сталефібробетон ефективний для конструкцій промислового та цивільного будівництва, а саме:

1) *у плитах*. При товщині 70 мм й армуванні 1,5% по обсягу бетону, міцність сталефібробетонної плити не поступаються залізобетонній.

2) *у балках і ребрах*. У порівнянні із залізобетонними елементами міцність по нормальних перерізам сталефібробетонних балок у зоні максимального зусилля нижче. Однак у першому випадку на поперечну, монтажну й розподільчу арматури витрачається значна кількість сталі, у другому – ця арматура відсутня. Тому для розглянутих елементів досить доцільна комбінація сталефібробетону з поздовжньою робочою арматурою. У даному випадку сталефібробетон сприймає розтягуючі зусилля замість поперечної арматури у залізобетонні.

Крім того, комбіноване армування дозволяє використати роботу сталефібробетона в нормальних перерізах, у результаті можна зменшити переріз поздовжньої робочої арматури внаслідок уповільненого розкриття тріщин і зменшення висоти стислої зони.

Завдяки підвищеному зчепленню сталефібробетон сприяє кращому зчепленню стрижневої арматури з бетоном, тобто дозволяє зменшувати довжину анкеруванню стержнів;

3) *у колонах, стійках і палях* поздовжня арматура найчастіше встановлюється з конструктивних міркувань (крім випадків дії значних згинальних моментів). Необхідність поперечної арматури визначається наявністю поздовжньої. В інших випадках поздовжня арматура приймається з умови усадки бетону, сприйняття зусиль, що виникають при транспортуванні й монтажі, а також при випадкових ексцентриситетах. Цілі які переслідуються у зазначених випадках, можуть бути досягнуті застосуванням сталефібробетону або його комбінації зі стрижневою арматурою.

Крім того, при використанні сталефібробетону необхідно враховувати можливість виготовлення тонкостінних конструкцій, наприклад колон двотаврового або кільцевого перерізу. Маса таких елементів менше повнотілих, а опір перерізу рівноцінний. Таким чином, за рахунок застосування сталефібробетону в розглянутих елементах конструкцій можуть бути зекономлені бетон і частково – стрижнева арматура.

Використання сталефібробетону в оголовках паль завдяки тому, що вони не руйнуються, дозволяє вдвічі збільшити довжину палі, що забувають, до проектного положення;

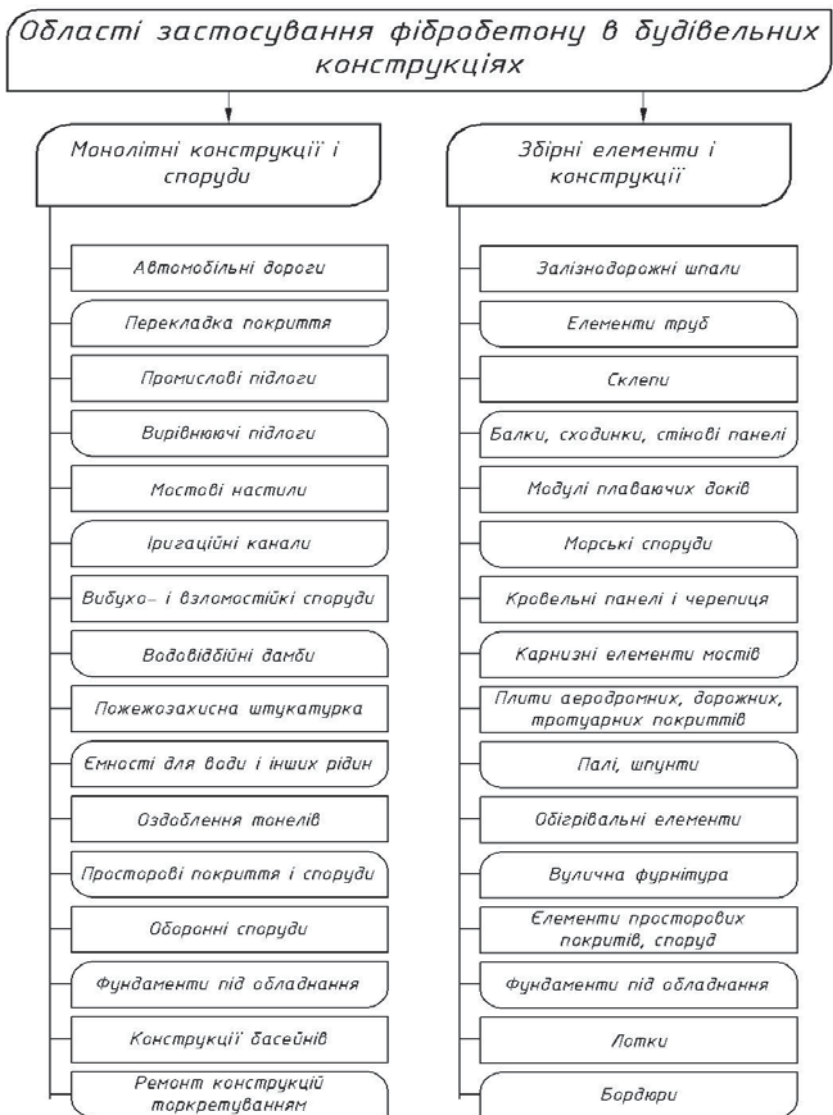


Рис. 2. Області ефективного застосування сталеві фібробетону

4) в стінових конструкціях. Одне з раціональних рішень – використання сталеві фібробетону в шаруватих конструкціях стінових панелей житлових будинків.

Випробування фрагментів панелей показали, що ознаки руйнування плит були відсутні. Прогини зразків були пропорційні навантаженню на всіх етапах завантаження й не перевищували допустимих. Поліпшені показники в'язкості, розтягування при згині сприяють тому, що сталевібробетон витримує більшi деформації без розшарування. Це дає можливість застосовувати його в конструкціях, підданих сейсмічним навантаженням і вибухам;

5) *в інженерних спорудах*. Застосування сталевібробетону в монолітних днищах каналізаційних відстійників, резервуарів й інших конструкціях і дає певний економічний ефект, знижує матеріалоємність, вартість за рахунок спрощення арматурних робіт, виключення значної частини стержневої арматури і об'єднання процесів армування й бетонування в один.

Враховуючи гарні властивості сталевібробетона заморожуванню й відтаванню, а також нагріванню, його можна успішно застосовувати для виготовлення збірних лотків іригаційних систем, гідравлічних споруд. Досвід свідчить про раціональність застосування сталевібробетона для виготовлення труб, особливо центрофугуванням.

Одна з позитивних якостей сталевібробетона – гарний опір високим температурам. Так, випробування фрагментів сталевібробетонних опалювальних панелей товщиною 30 мм із поліетиленовими змійовиками показали, що вони витримали нагрівання до 100 °С при тиску 0,22 Па й видимих тріщин не було, у той час як у залізобетонних панелях товщиною 60 мм тріщини з'явилися через 5 хв після аналогічного нагрівання. Крім того, сталевібробетонні панелі витримали без нагрівання тиск в 2,5 рази більше необхідного, і їхня розрахункова тепловіддача була на 15% вище в порівнянні із залізобетонними.

Досвід закордонних досліджень свідчить про раціональне використання сталевібробетону для покриттів доріг, аеродромів і проїздної частини мостів. Це досягається завдяки високій в'язкості сталевібробетона, гарному опору зсуву, а також можливості сполучення армування й укладання бетону в один процес. Крім того, електропровідність сталевібробетона в 8 разів більше, ніж бетону. Це сприяє зниженню витрати електроенергії на прогрів бетону.

Встановлено, що армування вогнетривких матеріалів сталевими фібрами збільшує їхню довговічність і скорочує експлуатаційні витрати.

**Висновки.** Наведеними прикладами далеко не обмежуються області використання сталевібробетону. Він може успішно використовуватися в конструкціях фортифікаційних споруд, при будівництві хвилеломів, набережних, реконструкції будинків і підсиленні існуючих конструкцій, у малих архітектурних формах і декоративних виробках. Беручи до уваги основні переваги сталевібробетону, при його широкому використанні у будівництві, можна запобігти руйнуванню конструкцій, зменшенню тріщиноутворення і прояву надмірних деформативних характеристик конструкцій.

Враховуючи головні характеристики сталевібробетону, його можна використовувати у широкому спектрі, а головне там де звичайний бетон і залізобетон не можуть забезпечити потрібних результатів.

## Література

1. *Барашиков А. Я.* Проблеми розвитку залізобетонних конструкцій в Україні / *А. Я. Барашиков* // Будівельні конструкції. – Київ : НДІБК, 2003. – Вип. 59. – Кн. 1. – С. 17–21.
2. *ДСТУ-Н Б В.2.6-78:2009.* Настанова з проектування та виготовлення сталевібробетонних конструкцій. – Київ : Мінбуд України, 63.
3. *Кричевский В. К.* Новые технологии, материалы и конструкции на основе сталефибротеона // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць.
4. *Сунак О. П.* Сталевібробетонні конструкції / *О. П. Сунак* // Навч. посібн. – Луцьк : Медіа, 1999. – 158 с.

## ОБЛАСТИ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СТАЛЕФИБРОБЕТОНА

*Скорук О. Н.*

В работе проведен осмотр конструкций с применением сталефибробетона в строительной отрасли. Приведены основные характеристики и преимущества сталефибробетон и примеры конструкций с его использованием.

## FIELD OF EFFECTIVE APPLICATION STEEL FIBER CONCRETE

*Oleg M. Skoruk*

In this paper, a review designs using fiber concrete in the construction industry. The basic characteristics and advantages fiber concrete designs and examples of its use.



## ПУТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ В ЖИЛИЩНОМ ДОМОСТРОЕНИИ

*Частное акционерное общество «Вентиляционные системы», Украина*

***В статье затрагивается вопрос термомодернизации жилых зданий и важность системы вентиляции в этом процессе. Рассматриваются возможные варианты применения энергоэффективных систем при реконструкции и новом строительстве.***

**Постановка проблемы.** Преимущественная часть жилого фонда в Украине имеют одну общую, с каждым годом обостряющуюся проблему технического и морального старения.

В условиях постоянно растущих тарифов на энергоносители, эта проблема выливается в неподъемную ношу в виде затрат на эксплуатацию здания. Исходя из этого вопрос «затыкания дыр» с которых непомерным количеством «уходит» тепло из домов становится как никогда актуален.

**Анализ основных исследований и публикаций.** В декабре 2010 года Украина, присоединившись к Европейскому энергетическому сообществу, обязалась ввести сертификацию домов по классу энергоэффективности еще до 2012 года, потом в мае 2015-го эти же обязательства появились в меморандуме о предоставлении макрофинансовой помощи ЕС. Поэтому в 2018 году эта система уже должна заработать. Для этого нашему правительству необходимо как минимум принять Закон Украины «Об энергетической эффективности зданий» (проект № 1566 от 22.12.2014 г.) направленный на отображения требований Директивы 2010/31/ЕС и довести до логического завершения процесс создания Фонда энергоэффективности для внедрения и координирования проектов в этом направлении.

Проектом Закона предусматривается введение обязательной паспортизации и сертификации энергетической эффективности зданий.

Класс энергоэффективности здания определяется на основании сопоставления полученных значений энергопотребления с нормативными значениями максимальных тепловых затрат жилых и гражданских зданий, которые приведены в ДБН В.2.6-31.2006 «Тепловая изоляция зданий». В энергетическом сертификате обязательна разработка рекомендаций по повышению уровня энергоэффективности здания. Определен 10-летний срок действия сертификата.

Если обратиться к цифрам, то согласно данных Госслужбы статистики, в 2013 году общее конечное потребление энергоресурсов в Украине составило 69557 тыс. тнэ (тон нефтяного эквивалента). В этом объеме ЖКХ занял большую долю, чем промышленность: 23 495 тыс. тнэ против 21 864 тыс. тнэ.

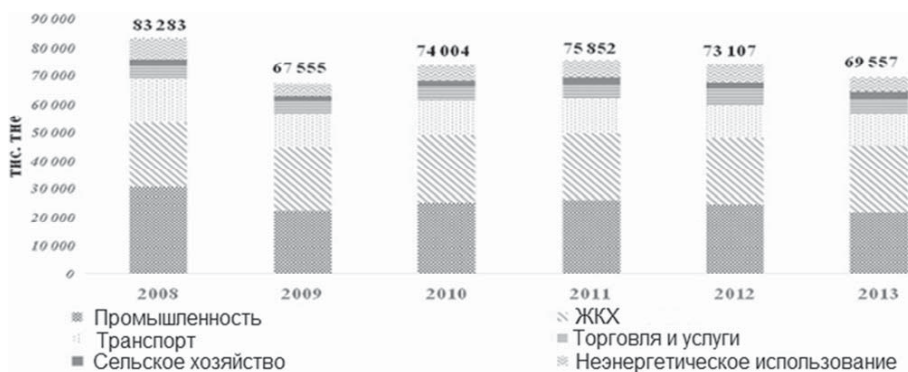


Рис. 1. Потребление энергоносителей секторами экономики Украины

В Национальном плане действий по энергоэффективности на период до 2020 года, который правительство утвердило 25 ноября 2015 года, задекларировано, что за 5 лет потребление энергии в Украине должно сократиться на 9% (относительно среднего показателя конечного потребления за 2005-2009 гг.), при этом на 5% — уже в 2017 году. Учитывая имеющееся соотношение показателей энергопотребления, правительство надеется добиться наибольших результатов по энергосбережению именно в ЖКХ.

**Формулирование целей и задач статьи.** Огромная энергоемкость потребления украинского ЖКХ связана с тем, что в большинстве жилых домов нельзя регулировать подачу теплоносителя в зависимости от погоды. А дома настолько плохо изолированы, что батареи греют не только квартиру, но и улицу.

Обобщенные данные различных исследований показывают, что 30% потерь тепла в средней многоэтажке приходится на внешние стены дома, 20% на окна, крышу — 10%, подвал — 10%, вентиляцию — 30%. Термомодернизация старого жилого фонда могла бы сэкономить до 35% потребляемых в масштабах страны энергоресурсов.

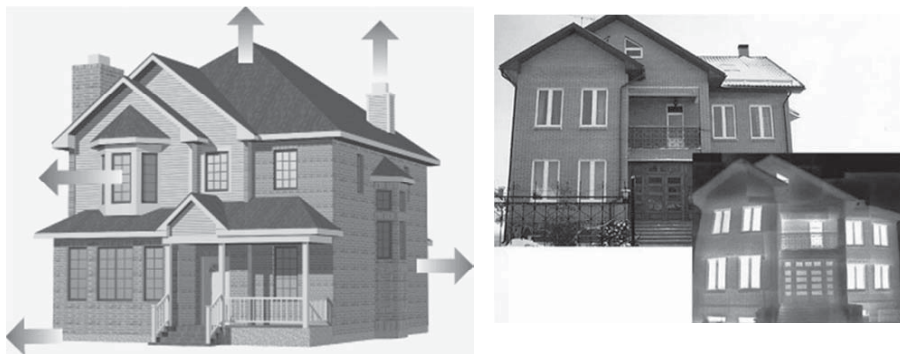


Рис.2. Теплопотери дома

Решение задачи термомодернизации в инженерной части – это комплекс мероприятий, который исключает какие либо полумеры... Всем известно, что нужно чтобы снизить энергопотребление:

- утеплить дом, для уменьшения теплопотерь
- поставить счетчик для того, чтобы платить сколько потребляешь
- предусмотреть элементы автоматики для того, чтобы потреблять ровно столько, сколько это необходимо зависимо от температуры на улице и необходимой температуры в помещении.

Отталкиваясь от опыта первых шагов в процессе термомодернизации можно сделать вывод, что мероприятия по утеплению дома иногда приводят к неоднозначным результатам, а именно уменьшению воздухообмена здания. Вентиляция практически всего жилого фонда сданного в эксплуатацию в советское и постсоветское время предусмотрена естественная, соответственно приток воздуха для компенсации вытяжки осуществляется за счет неплотностей окон. И если до проведения реконструкции система вентиляции основанная на принципах естественной тяги была неэффективной, чрезмерной зимой и недостаточной летом, то после – она пропала вообще.

В связи с этим может возникать еще одна проблема: повышенная влажность и как следствие затхлость помещений, образование грибка и плесени, решение которой путем простого открывания окон даже в режиме проветривания стало невозможным и парадоксальным, поскольку весь эффект от утепления улетал бы в маленькую щель приоткрытого окна.

Появилась новая задача в процессе термомодернизации: внедрение системы вентиляции, которая бы решила вопросы чрезмерных теплопотерь, перекосы с избытком и недостаточностью воздухообмена и соответствовала бы таким основным требованиям:

- соответствие строительным и санитарно-гигиеническим нормам
- высокая энергоэффективность
- минимальная стоимость и окупаемость
- простота монтажа и обслуживания
- минимальные эксплуатационные затраты, наличие автоматики.

**Основная часть.** На сегодняшний день наиболее оптимальным вариантом при проведении работ по термомодернизации жилого фонда является децентрализованная система вентиляции с применением следующего комплекса оборудования:

- жилые помещения – устанавливаются проветриватели оснащенные регенераторами тепла позволяющими греть приточный воздух за счет тепла вытяжного (КПД до 91%) и энергоэффективными ЕС двигателями;
- санузлы – вытяжные вентиляторы сблокированные с освещением с обратным клапаном и автоматикой на основе таймера задержки отключения;
- ванные и душевые – вытяжные вентиляторы с обратным клапаном и автоматикой на основе датчика влаги;
- кухни – вытяжные вентиляторы с обратным клапаном и автоматикой на основе датчика влаги с возможностью принудительного запуска;

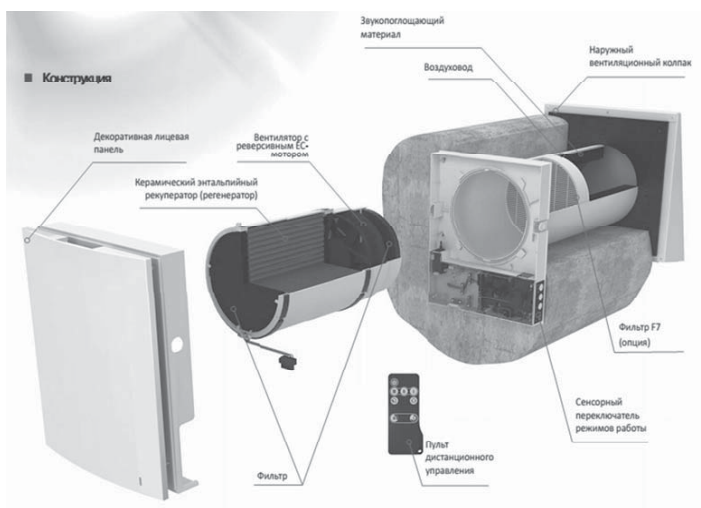


Рис. 3. Принципиальная схема проветривателя

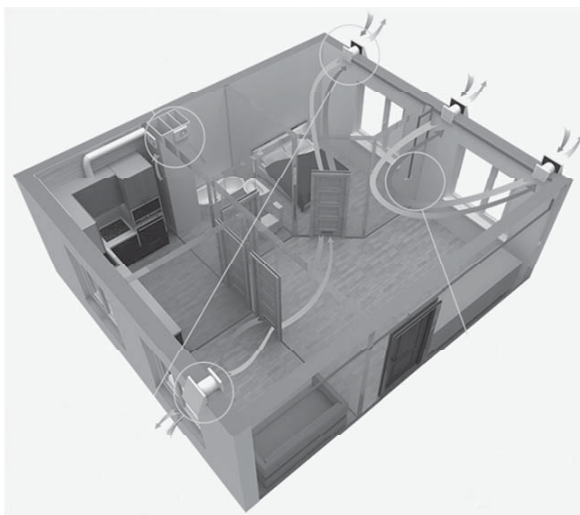


Рис. 4. Принципиальная схема децентрализованной системы вентиляции квартиры

Преимущества данного решения:

- обеспечение помещения комфортным микроклиматом, что благоприятно влияет на самочувствие и здоровье людей;
- возможность применения данного решения, как на стадии строительства, так и на этапе эксплуатации здания;
- индивидуальное регулирования производительности в каждом отдельном помещении, что дает возможность обеспечить минимально необходимый воздухообмен в каждый момент времени;

- исключение возможного образования обратной тяги при включенном вытяжном зонте над плитой за счет установки обратных клапанов на вытяжных вентиляторах и компенсации дисбаланса за счет проветривателей;

- окупаемость капиталовложений в течение 5-ти лет при условии неизменности текущих тарифов на энергоносители (при увеличении тарифов, окупаемость снижается).

В случае новостроек часто бывает невозможным применение децентрализованных систем в виду некоторых особенностей конструкции здания:

- сплошное остекление;
- большая площадь комнат, как следствие недостаточная мощность проветривателя;
- особенность отделки наружных стен, что не дает возможность сквозного сверления.

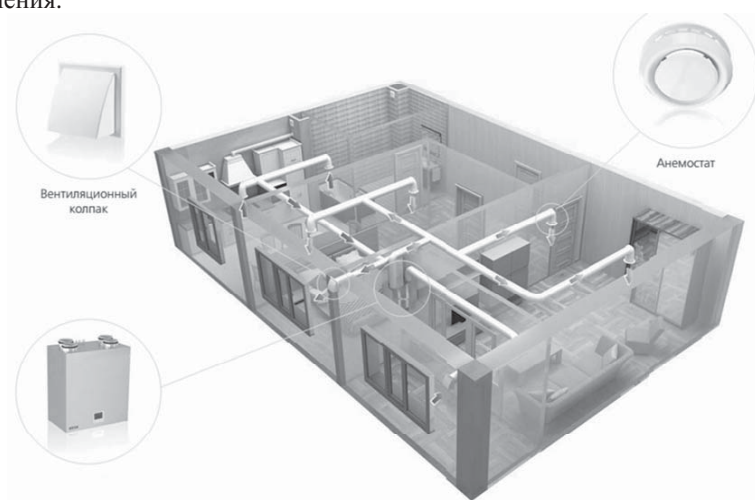


Рис. 5. Принципиальная схема централизованной системы приточно-вытяжной вентиляции квартиры

Но при соответствующем подходе на этапе строительства и проведения ремонтных работ есть возможность предусмотреть необходимые мероприятия для применения централизованной системы приточно-вытяжной вентиляции индивидуально для каждой квартиры, а именно:

- наружные воздухозаборные и выбросные решетки;
- место под установку оборудования;
- воздуховоды;
- подвод питания;
- отвод дренажа.

Касаемо вытяжных систем санузлов и кухонь, при выборе оборудования следует придерживаться такого же принципа, как и для децентрализованных систем.

Преимущество централизованной системы приточно-вытяжной вентиляции:

- индивидуальный подход к вентиляции квартиры, способный решить все поставленные перед системой задачи;
- большой выбор оборудования (стоимость, производительность, тип рекуператора, тип двигателей, тип автоматики, способ монтажа);

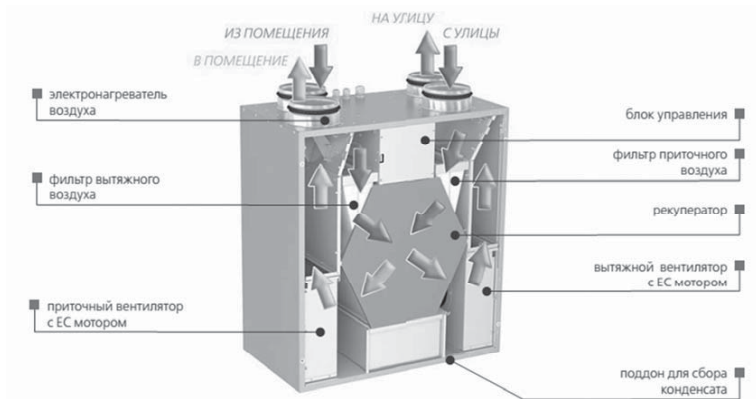


Рис. 6. Принципиальная схема приточно-вытяжной установки

- широкий выбор элементов системы (воздуховоды, воздушораспределители) и индивидуальный подход к их интеграции в интерьер квартиры;

- возможность совмещения вентиляции с кондиционированием воздуха.

В случае, когда возможно применить и децентрализованную и центральную систему вентиляции необходимо отталкиваться от следующих критериев:

- класс жилья (бюджетное, элитное);
- капитальная стоимость системы, удорожание жилья в целом;
- окупаемость каждого варианта сравнимо с вариантом с естественной вентиляцией.

Если для бюджетного строительства очевидным является применение унифицированного варианта, а именно децентрализованная система вентиляции, то для элитного жилья более рациональным будет предусмотреть мероприятия (см. выше) для возможности реализации владельцем системы вентиляции по индивидуальному проекту.

**Выводы.** Реалии сегодняшнего дня показывают, что стереотип «зачем платить за воздух», сложившийся относительно системы вентиляции необходимо разрушать, потому что последняя является одним из элементов комфорта в доме, необходимой составляющей правильной эксплуатации здания и неотъемлемой частью энергоэффективного ЖКХ и энергонезависимости нашей страны.

## Литература

1. dr inż. *Maciej Robakiewicz*, dr inż. *Aleksander Panek*. ТЕРМОМОДЕРНИЗАЦИЯ ЖИЛОГО ДОМА. ООО с ИИ «ДанфоссТОВ».
2. Немова Д. В. «Системы вентиляции в жилых зданиях как средство повышения энергоэффективности». Интернет-журнал «Строительство уникальных зданий и сооружений», 2012, № 3.
3. Вентс. Энергосберегающая вентиляция. Децентрализованные проветриватели с регенерацией энергии (Каталог № 16).
4. Вентс. Энергосберегающая вентиляция. Приточно-вытяжные установки (Каталог №2).

## ШЛЯХИ ВИРШЕННЯ ЗАДАЧ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ В ЖИТЛОВОМУ БУДІВНИЦТВІ

*Старченко С. М.*

У статті порушується питання термомодернізації житлових будинків і важливість системи вентиляції в цьому процесі. Розглядаються можливі варіанти застосування енергоефективних систем при реконструкції та новому будівництві.

## SOLUTIONS FOR BOOSTING VENTILATION SYSTEM ENERGY EFFICIENCY IN RESIDENTIAL BUILDING

*Sergey N. Starchenko*

The article covers thermo-modernization of residential buildings and importance of ventilation system in the process. This article also considers possible applications of energy-efficient systems for new construction or for refurbishment work.



## ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В РЕКОНСТРУКЦІЇ ГАЗОВИХ МЕРЕЖ У М. КИЄВІ

<sup>1</sup>ПАТ «Київгаз», Україна,

<sup>2</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

*У статті розглянуто методи реконструкції підземних газорозподільних мереж в умовах щільної забудови. Показано переваги і недоліки кожного із них. Особлива увага приділена методу горизонтально-направленого буріння.*

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день ПАТ «Київгаз» – одне з найбільших стратегічних підприємств столиці, яке забезпечує життєдіяльність Києва та киян.

Загалом газотранспортна система столиці складається з майже 5 тис. км газопроводів високого, середнього та низького тисків. Київська міська система газопостачання перебуває у власності територіальної громади столиці і яку Київська міська державна адміністрація передала у користування і управління ПАТ «Київгаз». Понад 2000 фахівців «Київгазу» забезпечують безаварійне та безперебійне газопостачання 749 тис. газифікованих квартир та приватних будинків і близько 1500 споживачів-підприємств, установ та організацій.

Вік підприємства (а «Київгазу» у 2016 році виповниться 70 років) свідчить і про його досвід, і про наявність здобутків, і про перспективи, і про проблеми, пов'язані зі зношеністю газопроводів. Адже перші газопроводи, збудовані в Києві у 1946 році, й досі експлуатуються. Загалом, в державі потребують капітального ремонту або перекладки не менше 10 % від загальної кількості газорозподільних мереж тиском до 1.2 МПа [1], довжина яких становить близько 287 тис. км. Необхідний режим газопостачання в цих мережах забезпечують близько 51 тис. газорегуляторних пунктів (ГРП), з яких близько 14 % вже відпрацювали свій амортизаційний термін.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Традиційні методи реконструкції будь-яких підземних інженерних мереж полягають першочергово у виконанні земляних робіт. Також можуть бути застосовані способи безтраншейної прокладки трубопроводів зі збереженням благоустрою прилеглих ділянок. Це, так звані, методи проколу і продавливання для прямолінійних ділянок [2]. Проте в умовах щільної підземної інженерної інфраструктури міських населених пунктів вони є неприйнятними.

**Формулювання мети статті.** Основними недоліками траншейного способу є великий обсяг земляних робіт, тривалий термін виконання цих робіт, порушення благоустрою, що тягне за собою велику кількість виконавців для розкопок вручну особливо в місцях перетину з іншими інженерними мережами. Перекриття проїжджої частини вулиці, порушення дорожнього покриття призводять до суттєвого збільшення кількості необхідних дозволів, термінів



виконання та вартості робіт. Застосування методу горизонтально-направленого буріння (ГНБ) дозволяє вирішити проблеми із заміною підземних інженерних комунікацій, які підлягають реконструкції.

**Основна частина.** Одним з інноваційних рішень у господарській діяльності ПАТ «Київгаз» була заміна газопроводів до футбольного чемпіонату Євро-2012 в радіусі 1,5 км навколо НСК «Олімпійський», які експлуатуються близько 60 років, мають незадовільний стан ізоляційного покриття. Але ця територія є центром міста і отримати дозвіл на проведення ремонту підземних газових мереж за допомогою звичайних методів з розриттям траншей, особливо після оновлення покриття доріг та тротуарів, практично неможливо. Враховуючи стислі терміни виконання робіт та відсутність можливості перекриття проїжджої частини міських вулиць, автомагістралей, перекладання наявних комунікацій, підсилення фундаментів будівель та споруд роботи виконувались методом горизонтально-направленого буріння. Метод ГНБ належить до безтраншейного способу будівництва (прокладання трубопроводу в підземному просторі без порушення поверхні) або з мінімальним виконанням земляних робіт, коли за необхідності влаштовується лише стартовий та приймальний котловани. Використовується складне комп'ютерне обладнання, оператор може провести шурф з міліметровими відхиленнями, не зачепивши при цьому інші комунікації або перешкоди. У цілому, метод ГНБ забезпечує зниження вартості та прискорення темпів будівництва, а ще це дозволило виконувати відключення та повторні пуски газу на житлові будинки в найкоротший термін без значної перерви в газопостачанні. Оскільки процес горизонтально-направленого буріння відбувається під поверхнею землі, виникає ймовірність пошкодження розташованих там підземних комунікацій, що може стати причиною вибуху, пожежі, ураження електричним струмом саме тому було прийнято рішення виконувати буріння на максимально можливій глибині під всіма іншими інженерними комунікаціями. Для перепідключення житлових будинків до новозбудованих газопроводів прокладались нові газопроводи-вводи. В місцях приєднання газопроводів-вводів до розподільних мереж виконували підйом на висоту 1.8 – 1.2 метра та врзали кожен будинок поступово. Це дало можливість залишати абонентів без газопостачання на дуже короткий термін, а саме до 8 годин, що позитивно вплинуло на імідж компанії.

Не дивно, що всі вищенаведені переваги сприяють багаторазовому полегшенню отримання всіх необхідних на проведення робіт дозвільних документів в бюрократичних кулуарах. Багато в чому це пов'язано з тим, що для пробивання горизонтально розташованих шурфів немає необхідності блокувати транспортний рух або отримувати дозвільні документи для тимчасового порушення благоустрою, що особливо актуально для центральної щільно забудованої частини міста.

Так як для цієї мети використовується складне комп'ютерне обладнання, оператор може провести шурф з міліметровими відхиленнями, не зачепивши інші комунікаційні мережі або перешкоди. За для прив'язки новозбудованих газопроводів всі місця розриттів фотографувалися та за допомогою сучасних високоточних модифікованих GPS приймачів виконувались вимірювання в

складних умовах, де прийом GPS-сигналів ускладнений, а результат вносили до будівельних паспортів та в Геоінформаційну систему (ГІС). GPS координати, що вносились в Геоінформаційну систему, в подальшому дадуть змогу глобально впроваджувати використання GPS (внесення прив'язок до місцевості в ГІС, контрольних точок тощо) на всіх стадіях виробничо-технічних процесів починаючи з виїзду служби технічного нагляду на етапи прийомки і до технічного обслуговування газопроводів методом обходу трас. Також завдяки такій роботі всі місця підключень та розміщення ново збудованих газопроводів можливо буде знайти під час надзвичайних ситуацій чи стихійного лиха.

Якщо говорити про економічну сторону справи, то і в цьому випадку даний метод має масу переваг. Так, одна установка для горизонтального направлено буріння допомогла в кілька разів скоротити кількість необхідного для проведення робіт персоналу, що дозволяє економити на заробітній платі та значно зменшити кошторисну вартість робіт. Витрати на інструменти, обладнання та живлення техніки були мінімальними. Можна навести ще достатньо велике число переваг методу горизонтально-направлено буріння в порівнянні з іншими методами виконання робіт у порівнянні з траншейним методом будівництва. Основними недоліками траншейного способу є великий обсяг земляних робіт, тривалий термін виконання цих робіт, порушення благоустрою, що тягне за собою велику кількість виконавців для розкопок вручну особливо в місцях перетину з іншими інженерними мережами. Проблеми, пов'язані із захистом навколишнього середовища, мінімізовані, завдяки порівняно невеликій площі на обох кінцях в порівнянні з повною довжиною споруди. Цей фактор має особливо велике значення при виробництві бурових робіт у історичних районах міста, а також у місцях з щільною забудовою.

Взагалі при використанні методу горизонтально-направлено буріння для будівництва, до Євро-2012 було прокладено близько 6800 метрів розподільних газопроводів в 1.5-кілометровій зоні навколо НСК «Олімпійський». Набутий досвід дозволив і в подальшому широко застосовувати вказаний метод при виконанні робіт із заміни підземних газопроводів, які підлягають перекладці.

**Висновки.** Технічне переоснащення ПАТ «Київгаз» та залучення інноваційних методів виконання робіт в перекладці газопроводів допомагають виконувати напружені планові завдання. Це дає можливість реалізувати програму повної модернізації газових мереж м.Києва, у т.ч. встановити обладнання з газової безпеки останнього покоління, забезпечити принцип високотехнологічного інтелектуального контролю постачання природного газу споживачам, передусім населенню.

Завдяки інноваційним технологіям компанія «Київгаз» оцінює свої витрати на реконструкцію газових мереж і споруд на 30 % менше у порівнянні з аналогічними витратами споріднених організацій.

## Література

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. – Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р., №145-р.
2. Эксплуатация систем газоснабжения. Операционные карты. / Под ред. Г.Г.Шишко. – Симферополь : Крымполиграфбумага, 2013. – 644 с.

### **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РЕКОНСТРУКЦИИ ГАЗОВЫХ СЕТЕЙ В Г. КИЕВЕ**

*Струк О. В., Предун К. М.*

В статье рассмотрены методы реконструкции подземных газораспределительных сетей в условиях плотной застройки. Показаны преимущества и недостатки каждого из них. Особое внимание уделено методу горизонтально-направленного бурения.

### **INNOVATIVE TECHNOLOGIES USED IN RECONSTRUCTION OF GAS-SUPPLY GRIDS IN KYIV-CITY**

*O. Struk, K. Predun*

The article describes methods used in reconstruction of underground gas-supply grids in densely developed areas and demonstrates advantages and disadvantages of each method. Special attention is paid to the method of horizontal targeted drilling.

## МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЕНЕРГОВИТРАТ В МЕЖАХ ПЕРЕТИНІВ З ПРИМУСОВИМ РЕГУЛЮВАННЯМ РУХУ

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

*Розроблено методику визначення транспортних енерговитрат в межах перетинів з примусовим регулюванням руху, яка полягає у встановленні взаємозв'язку роботи двигуна у різних його режимах (холостий хід, розгін та гальмування) та часу роботи при заданій потужності двигуна. На її основі визначено транспортні енерговитрати в межах перетину вул. Дорогожицька– вул. Ризька – вул. Шамрила у місті Києві. В результаті встановлено, що існуюча тривалість фаз світлофорного регулювання в межах даного перетину забезпечує найменші транспортні енерговитрати.*

**Вступ.** Автомобільний транспорт України споживає близько 12 млн тонн бензину, 15 млн тонн дизельного палива та біля 143 млн м<sup>3</sup> газоподібного палива на рік (1). В сьогодинішніх умовах дефіциту паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) виникає необхідність у мінімізації їх споживання. Одним з перспективних напрямків забезпечення економії енергоресурсів є зменшення витрат ПЕР в місцях максимальної концентрації транспортних засобів (ТЗ) – перетинах міських магістралей (ПММ).

**Постановка проблеми.** Оцінка планувальних рішень ПММ ґрунтується на перевагу того чи іншого варіанту по ряду оціночних критеріїв: інженерно-планувальному, техніко-економічному, екологічному і т.д. Однією із складових техніко-економічного і екологічного критеріїв є енерговитрати транспортного потоку (ТП). В зв'язку з цим необхідно розробити методику, яка дозволить визначати транспортні енерговитрати в межах перетинів з примусовим регулюванням руху та оптимізовувати цикл світлофорного регулювання з точки зору мінімізації енерговитрат ТП в їх межах.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Проблема економії ПЕР в міських умовах руху вчені-містобудівники розглядали тільки поверхнево, через «призму» інших показників. Так, Осетрін М. М., Солуха Б. В., Шилова Т. О., Костін А. М., Косолапов Г. М., Гречаний В. В., Фукс Г. Б., Швець В. В., Лисюк О. І. та інші розглядали транспортні енерговитрати як складову формування екологічної ситуації на ВДМ міста. При цьому окремих даних про дослідження енерговитрат ТП в межах перетинів з примусовим регулюванням руху у науковій літературі немає.

**Основна частина.** Енерговитрати ТП на перетинах з примусовим регулюванням руху залежать від геометричних параметрів перетину, режиму роботи засобів регулювання і характеристик ТП. До числа характеристик ТП, які визначають величину транспортних енерговитрат, належать: характер виконуваних маневрів та склад ТП. Ці характеристики змінюються в залежності від місця та ролі відповідного перетину в загальній системі ВДМ.

Запропонована методика визначення транспортних енерговитрат в межах перетинів з примусовим регулюванням руху полягає у встановленні взаємозв'язку роботи двигуна у різних його режимах та часу роботи при заданій потужності двигуна. При цьому розрахунок здійснюється для одного легкового автомобіля ( $V_{\text{дв.}} < 1,5 \text{ л}$ ) з бензиновим двигуном. Для визначення енерговитрат ТП на відповідному напрямку руху пропонується використовувати коефіцієнти приведення ТЗ до одиничного автомобіля за характеристикою енергетичних витрат, встановлені окремо (2).

Величину витрат часу ТЗ при проходженні регульованого перетину можна визначити наступним чином. При підході до перетину швидкість ТЗ знижується до межі, що забезпечує безпеку руху, а при червоному сигналі світлофора – зупиняється. Час на розгін, який витрачає ТЗ, що підходить до перетину при червоному або жовтому сигналі світлофора на понижений швидкості і зупиняється, визначається по формулі:

$$T_{\text{п}}^{\text{I}} = \frac{1}{10^3} * \left( \frac{V_{\text{р}}}{3,6^2} * \frac{1}{a} \right) \quad (1)$$

де  $a$  – прискорення при розгоні ТЗ до виходу на розрахункову швидкість на перегоні,  $0,8 \dots 1,2 \text{ м/с}^2$ ;

$V_{\text{р}}$  – розрахункова швидкість на перегоні, км/год. У випадку, коли перетинаються вулиці з різними  $V_{\text{р}}$ , то в якості розрахункової приймається середня величина  $V_{\text{р}}$ .

Час на гальмування, який витрачає ТЗ, що підходить до перетину при червоному або жовтому сигналі світлофора на понижений швидкості і зупиняється, визначається по формулі:

$$T_{\text{п}}^{\text{II}} = \frac{1}{10^3} * \left( \frac{V_{\text{р}}}{3,6^2} * \frac{1}{b} \right) \quad (2)$$

де  $b$  – сповільнення при гальмуванні,  $0,6 \dots 1,5 \text{ м/с}^2$ . Приймаємо  $b = 1,5 \text{ м/с}^2$ .

Час простою ТЗ, що підходить до перетину при жовтому або червоному сигналі світлофора, в очікуванні зеленого сигналу залежить від тривалості сигналів світлофора. Частина ТЗ підходить до перетину на початку червоної фази або навіть при жовтій фазі, що передує червоній, а частина ТЗ – в кінці червоної фази або навіть при жовтій фазі, що триває після червоної. Тому середній час простою одного ТЗ на перетині можна визначити як пів суми тривалості червоної і двох жовтих фаз (3):

$$t_{\text{пр}} = \frac{t_{\text{ж1}} + t_{\text{ч}} + t_{\text{ж2}}}{2} \quad (3)$$

де  $t_{\text{пр}}$  – час простою ТЗ біля перетину в очікуванні зеленого сигналу, с;

$t_{\text{ж1}}, t_{\text{ж2}}$  – тривалість жовтих фаз, с;

$t_{\text{ч}}$  – тривалість червоної фази, с.

Кількість ТЗ, що затримуються на перетині, розраховують по формулі (3):

$$N_0 = \frac{t_{\text{ж1}} + t_{\text{ч}} + t_{\text{ж2}}}{T_{\text{ц}}} * N \quad (4)$$

де  $T_{\text{ц}}$  – тривалість світлофорного циклу, с;  $T_{\text{ц}} = 2 * t_{\text{ж}} + t_{\text{ч}} + t_{\text{з}}$ ;

$N$  – інтенсивність руху транспорту в заданому напрямку, фіз. авт./год.

Кількість ТЗ, що перетинають перетин при зеленій фазі дорівнює (3):

$$N_6 = \frac{t_3}{t_u} * N \quad (5)$$

Час на розгін ТЗ, що проїжджає перетин при зеленій фазі роботи світлофора, розраховують по формулі:

$$T_{II}^{III} = \frac{1}{10^3} * \left( \frac{V_p - V}{3,6^2} * \frac{1}{a} \right) \quad (6)$$

де  $V$  – швидкість в межах перетину, 20...30 км/год.

Час на гальмування ТЗ, що проїжджає перетин при зеленій фазі роботи світлофора, розраховують по формулі:

$$T_{II}^{IV} = \frac{1}{10^3} * \left( \frac{V_p - V}{3,6^2} * \frac{1}{b} \right) \quad (7)$$

Транспортні енерговитрати в межах досліджуваного напрямку руху (4):

$$Q_{i-g} = Q_n + Q_{хол} + Q_p + Q_r \quad (8)$$

де  $Q_n$  – нормативні транспортні енерговитрати, МДж;

$Q_{хол}$  – транспортні енерговитрати у режимі холостого ходу, МДж;

$Q_p$  – транспортні енерговитрати при розгоні ТЗ, МДж;

$Q_r$  – транспортні енерговитрати при гальмуванні двигуном ТЗ, МДж.

1. Для одного легкового автомобіля ( $V_{дв.} < 1,5 л$ ) з бензиновим двигуном нормативний показник транспортних енерговитрат дорівнює:

$$Q_1 = H_n * \frac{L}{V_p} * \alpha_{пал} \quad (9)$$

де  $H_n$  – базова лінійна норма витрати палива, 5,9 л/год.;

$L$  – межі перетину, км;

$\alpha_{пал}$  – енергетичний еквівалент палива, МДж/л. Для бензину  $\alpha_{пал} = 42,3$  МДж/л (5; 6).

По кожному напрямку вулиць встановлюється своя  $L$ . На виході з перетину  $L$  буде знаходитися на відстані закінчення розгону ТЗ(7):

$$L = \frac{(V_p^2 - V_{кр}^2)}{2 * a} \quad (10)$$

$L$  при гальмуванні знаходиться на відстані початку сповільнення руху до початку правоповоротного проїзду (7):

$$L = \frac{(V_p^2 - V_{кр}^2)}{2 * g * (\varphi + f + i)} \quad (11)$$

де  $V_{кр}$  – швидкість руху на криволінійній ділянці шляху, км/год.;

$g$  – прискорення сили тяжіння, 9,81 м/с<sup>2</sup>;

$\varphi$  – коефіцієнт зчеплення колеса з покриттям проїжджої частини, 0,4...0,45;

$f$  – коефіцієнт опору кочення;

$i$  – позовжній ухил ділянки.

Допустима швидкість руху на криволінійній ділянці шляху дорівнює (7):

$$V_{кр} = \sqrt{g * R * (\varphi_n + i_n)} \quad (12)$$

де  $R$  – радіус горизонтальної кривої, м. Приймається в залежності від категорії магістралей, що перетинаються, 12м або 15м(8);

$\varphi_n$  – коефіцієнт поперечного зчеплення колеса з дорогою, 0,10...0,30;

$i_n$  – поперечний ухил проїжджої частини на відповідній ділянці шляху.

При розрахунку транспортних енерговитрат в межах перетинів з примусовим регулюванням руху слід брати загальні межі. При  $L > L_{\text{п}}$ , де  $L_{\text{п}}$  – відстань до найближчого регульованого перетину, приймається  $L = L_{\text{п}}$ .

Нормативні енерговитрати ТП на відповідному напрямку руху:

$$Q_{\text{н}} = Q_1 * K_{\text{пр.1}} * N_1 + Q_1 * K_{\text{пр.2}} * N_2 + \dots + Q_1 * K_{\text{пр.п}} * N_{\text{п}} \quad (13)$$

де  $K_{\text{пр.1}}, K_{\text{пр.2}}, \dots, K_{\text{пр.п}}$  – коефіцієнти приведення ТЗ до одиничного автомобіля за характеристикою енергетичних витрат (2);

$N_1, N_2, \dots, N_{\text{п}}$  – інтенсивність руху ТЗ кожного типу з певним видом спожитого палива, *фіз.авт./год*.

2. У режимі холостого ходу транспортні енерговитрати дорівнюють:

$$Q_{\text{хол.1}} = H_{\text{хол}} * t_{\text{пр}} * \alpha_{\text{пал}} \quad (14)$$

де  $H_{\text{хол}}$  – витрата палива при холостому ході ТЗ, *л/год*;

Витрата палива ТЗ при режимі холостого ходу (4):

$$H_{\text{хол}} = H_{\text{н}} / 10 \quad (15)$$

Енерговитрати ТП у режимі холостого ходу на відповідному напрямку:

$$Q_{\text{хол}} = Q_{\text{хол.1}} * K_{\text{пр.1}} * N_{01} + Q_{\text{хол.1}} * K_{\text{пр.2}} * N_{02} + \dots + Q_{\text{хол.1}} * K_{\text{пр.п}} * N_{0\text{п}} \quad (16)$$

де  $N_{01}, N_{02}, \dots, N_{0\text{п}}$  – інтенсивність руху ТЗ кожного типу з певним видом спожитого палива, *фіз.авт./год*. Визначаються пропорційно до  $N_0/N$ .

3. Показник транспортних енерговитрати при розгоні ТЗ, що підходить до перетину при червоному або жовтому сигналі світлофора на пониженій швидкості і зупиняється, дорівнює:

$$Q_{\text{р1}} = H_{\text{р}} * T_{\text{п}}^{\text{I}} * \alpha_{\text{пал}} \quad (17)$$

де  $H_{\text{р}}$  – витрата палива при розгоні ТЗ, *л/год*.

Витрата палива ТЗ при його розгоні дорівнює (4):

$$H_{\text{р}} = 3 * H_{\text{н}} \quad (18)$$

Показник транспортних енерговитрати при розгоні одного ТЗ, що проїжджає перетин при зеленій фазі роботи світлофора, дорівнює:

$$Q_{\text{р2}} = H_{\text{р}} * T_{\text{п}}^{\text{III}} * \alpha_{\text{пал}} \quad (19)$$

Енерговитрати ТП при розгоні на відповідному напрямку руху рівні:

$$Q_{\text{р}} = (Q_{\text{р.1}} * K_{\text{пр.1}} * N_{01} + Q_{\text{р.2}} * K_{\text{пр.1}} * N_{61}) + (Q_{\text{р.1}} * K_{\text{пр.2}} * N_{02} + Q_{\text{р.2}} * K_{\text{пр.2}} * N_{62}) + \dots + (Q_{\text{р.1}} * K_{\text{пр.п}} * N_{0\text{п}} + Q_{\text{р.2}} * K_{\text{пр.п}} * N_{6\text{п}}) \quad (20)$$

4. Показник транспортних енерговитрати при гальмуванні двигуном ТЗ, що підходить до перетину при червоному або жовтому сигналі світлофора на пониженій швидкості і зупиняється дорівнює:

$$Q_{\text{г1}} = H_{\text{г}} * T_{\text{п}}^{\text{II}} * \alpha_{\text{пал}} \quad (21)$$

де  $H_{\text{г}}$  – витрата палива при гальмуванні, *л/год*.

Витрата палива ТЗ при його гальмуванні (4):

$$H_{\text{г}} = H_{\text{н}} / 10 \quad (22)$$

Показник транспортних енерговитрати при гальмуванні двигуном ТЗ, що проїжджає перетин при зеленій фазі роботи світлофора:

$$Q_{\text{г2}} = H_{\text{г}} * T_{\text{п}}^{\text{IV}} * \alpha_{\text{пал}} \quad (23)$$

Енерговитрати ТП при гальмуванні двигуном на відповідному напрямку руху дорівнюють:

$$Q_p = (Q_{г.1} * K_{пр.1} * N_{01} + Q_{г.2} * K_{пр.1} * N_{61}) + (Q_{г.1} * K_{пр.2} * N_{02} + Q_{г.2} * K_{пр.2} * N_{62}) + \dots + (Q_{г.1} * K_{пр.n} * N_{0n} + Q_{г.2} * K_{пр.n} * N_{6n}) \quad (24)$$

Енерговитрати ТП в межах перетину з примусовим регулюванням руху:

$$Q = Q_{1(i-g)} + Q_{2(i-g)} + \dots + Q_{n(i-g)} \quad (25)$$

де  $Q_{1(i-g)}, Q_{2(i-g)}, \dots, Q_{n(i-g)}$  – транспортні енерговитрати в межах кожного з напрямків руху ТЗ в межах перетину.

Згідно розробленої методки визначимо транспортні енерговитрати в межах перетину вул. Дорогожицька – вул. Ризька – вул. Шамрила у м. Києві (Рис. 1). Вул. Дорогожицька та вул. Ризька є магістралями районного значення найзначнішого міста, тому, згідно табл. 7.1 (9),  $V_p=70 \text{ км/год.}$ , вул. Шамрила -  $V_p=40 \text{ км/год.}$  (житлова вулиця найзначнішого міста).

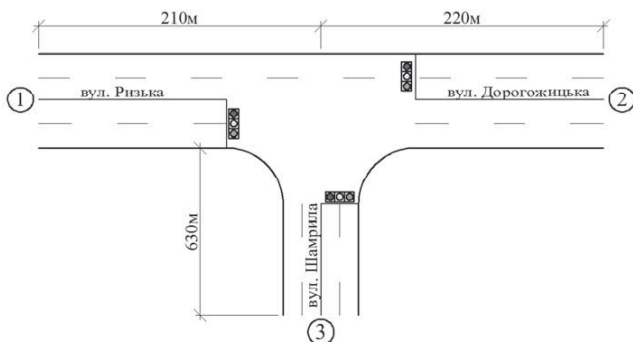


Рис. 1. План-схема перетину вул. Дорогожицька – вул. Ризька – вул. Шамрила у м. Києві

За даними проведених натурних обстежень в межах перетину визначено структуру ТП в межах перетину (таблиця 1). Розподіл усіх типів ТЗ за видом спожитого палива та легкових автомобілів за об'ємом дигуна здійснюється відповідно до раніше проведених досліджень (2).

Таблиця 1

Інтенсивність руху транспорту в межах перетину в годину «пік»

Тип ТЗ	Напрямок руху ТЗ					
	1-2	1-3	2-1	2-3	3-1	3-2
Легкові	480	105	430	130	95	130
Вантажні до 2т	22	15	16	10	4	6
Вантажні від 2 до 5т	11	8	8	7	3	3
Вантажні від 5 до 8т	1	5	2	4	-	-
Вантажні більше 8т	2	-	2	-	-	-
Автобуси малої місткості	9	3	6	3	2	2
Автобуси середньої місткості	6	-	8	-	-	-



Закінчення таблиці 1

Автобуси великої місткості	1	-	-	-	-	-
Тролейбуси одинарні	2	-	3	-	-	-
Тролейбуси зчеплені	2	-	1		-	-

Існуючий рух транспорту на перетині здійснюється в одному рівні при наступній тривалості фаз світлофорного регулювання (таблиця 2).

Таблиця 2

## Тривалість циклу світлофорного регулювання

Фаза	Тривалість фаз світлофорного регулювання за напрямками		
	1-2, 1-3	2-1, 2-3	3-1, 3-2
$t_3$	30	45	21
$t_{ж}$	2	2	2
$t_{ч}$	38	21	45
$t_{ж}$	2	2	2

Згідно формул 1-7 розраховуємо  $T_{п}^I$ ;  $T_{п}^{II}$ ;  $T_{п}^{III}$ ;  $T_{п}^{IV}$ ;  $N_0$  і  $N_6$  (таблиця 3).

Таблиця 3

## Втрати часу одним ТЗ і кількість ТЗ, що проїжджають через

Напрямок руху	$t_{пр}$	$T_{п}^I$	$T_{п}^{II}$	$T_{п}^{III}$	$T_{п}^{IV}$	$N_0$	$N_6$
1-2	21	0,0045	0,0036	0,0029	0,0023	313	223
1-3	21	0,0035	0,0028	0,0019	0,0015	79	57
2-1	12,5	0,0045	0,0036	0,0029	0,0023	165	309
2-3	12,5	0,0035	0,0028	0,0019	0,0015	53	99
3-1	24,5	0,0035	0,0028	0,0019	0,0015	71	33
3-2	24,5	0,0035	0,0028	0,0019	0,0015	96	55

За формулами 8-25 визначаємо транспортні енерговитрати в межах перетину (таблиця 4).

Таблиця 4

## Транспортні енерговитрати в межах перетину

Напрямок руху	$Q_{н,}$	$Q_{хол,}$	$Q_{р,}$	$Q_{г,}$	$Q,$
1-2	1312	75	2462	47	3896
1-3	1312	75	461	12	1860
2-1	1160	23	1963	52	3198
2-3	939	7	447	12	1405
3-1	634	19	373	10	1036
3-2	933	26	374	13	1346
$\Sigma Q$					12741

Характер зміни транспортних енерговитрат в межах перетину вул. Дорогожицька – вул. Ризька – вул. Шамрила в м. Києві в залежності від зміни  $t_3$  наводі 3 ( $T_{\text{ц}}=\text{const}$ ) наведено на Рис. 2.

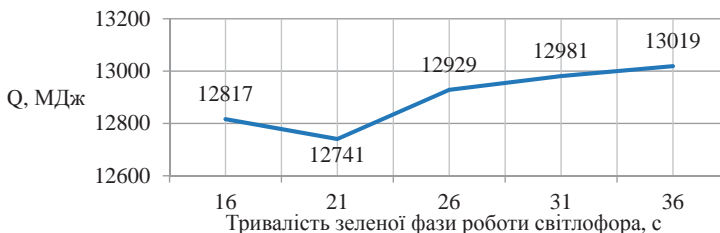


Рис. 2. Характер зміни транспортних енерговитрат в межах перетину

В результаті проведеного дослідження встановлено, що існуюча тривалість фаз світлофорного регулювання в межах перетину вул. Дорогожицька – вул. Ризька – вул. Шамрила у м. Києві забезпечує найменші транспортні енерговитрати (12741 МДж). Зі зміною тривалості  $t_3$  (при  $N=\text{const}$ ) спостерігається зростання енерговитрат ТП в межах перетину.

**Висновки.** Розроблена методика визначення транспортних енерговитрат в межах перетинів з примусовим регулюванням руху дозволяє оцінити ефективність роботи перетинів за критерієм транспортних енерговитрат. Однак вона не враховує вплив тривалості фаз світлофорного регулювання в межах досліджуваного перетину на транспортні енерговитрати в межах суміжних елементів ВДМ. В зв'язку з цим впровадження і подальше вдосконалення даної методики є важливим внеском у розробку енергозберігаючих проектних рішень на ВДМ міст.

## Література

1. Полякова И. На каком топливе ездить? / И. Полякова // Автотранспорт: Эксплуатация, обслуживание, ремонт. – 2008. – №5. – С.45-50.
2. Тарасюк В. П. Визначення коефіцієнтів приведення транспортних засобів за характеристикою енергетичних витрат / В. П. Тарасюк // Містобудування та територіальне планування. – К., 2014. – Вип. 53. – С. 527-533.
3. Меркулов Е. А. Проектирование дорог и сетей пассажирского транспорта в городах: Учеб. пособие для вузов / Е. А. Меркулов, Э. Я. Турчихин, Е. Н. Дубровин и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1980. – 496 с.
4. Швець В. В. Дослідження проблем та способів вирішення транспортних заторів в сучасних містах на прикладі м. Вінниці / В. В. Швець, О. І. Лисюк // Вісник національного університету водного господарства та природокористування. Серія «Технічні науки». – Р., 2011. – Вип. 2(54). – С. 105-114.

5. *Медведський О. К.* Енергетичний аналіз інтенсивних технологій в с.-г. виробництві. / *О. К. Медведський, П. І. Іваненко.* – К. : Урожай, 1988. – 186 с.

6. *Таргоня В. С.* Методичні вказівки до проведення лабораторних занять із дисципліни «Технології виробництва і переробки сировини для біоенергетики» частина 3 / *В. С. Таргоня, В. В. Оверченко, Б. В. Щербак.* – К. : НУБПУ, 2013. – 15с.

7. *Осєтрін М. М.* Міські дорожно-транспортні системи, вузли і споруди: Методичні вказівки до виконання курсового і дипломного проектування / *М. М. Осєтрін, Г. Б. Фукс, П. П. Чередніченко.* – К. : КНУБА, 2003. – 52 с.

8. ДБН В.2.3-5-2001 Споруди транспорту. Вулиці та дороги населених пунктів. – К. : Держбуд України, 2001. – 51 с.

9. ДБН 360–92\*\* Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень. – К. : Держбуд України, 2002. – 231 с.

## **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ЭНЕРГОЗАТРАТ В ПРЕДЕЛАХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ С ПРИНУДИТЕЛЬНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ ДВИЖЕНИЯ**

***В. П. Тарасюк***

Разработана методика определения транспортных энергозатрат в пределах пересечений с принудительным регулированием движения, которая заключается в установлении взаимосвязи работы двигателя в различных его режимах (холостойход, разгон и торможение) и времени работы при заданной мощности двигателя. На ее основе определены транспортные энергозатраты в пределах пересечения ул. Дорогожицкая – ул. Рижская – ул. Шамрыла в городе Киеве. В результате установлено, что существующая продолжительность фаз светофорного регулирования в пределах данного пересечения обеспечивает наименьшие транспортные энергозатраты.

## **THE METHOD OF DETERMINING TRANSPORT ENERGY CONSUMPTION WITHIN CROSSINGS WITH COMPULSORY TRAFFIC**

***Vladimir P. Tarasiuk***

Evaluation of design solutions and city main road crossing is based on the advantages of an option due to the number of assessment criteria: engineering and planning, technical and economic, environmental, etc. One of the components of technical and economic and environmental criteria is energy consumption of transport stream. Since the crossing with compulsory traffic control is the most common crossing of the city main roads on the street and road network of Kyiv, analysis of methods for determination of energy consumption within their borders is the important direction for future research. In this regard the method of determining transport energy consumption was developed within crossings with compulsory traffic control that enables optimizing traffic signalization regulation in the context of energy consumption minimization of the traffic stream. The offered method of

determining transport energy consumption within crossings with compulsory traffic control lies in the fact of establishing the correlation of the engine work in its various modes (idle run, acceleration and braking) and the working hours of the given engine power. Time expenditure period within the crossings is determined by the duration of phases of traffic signalization control, speed of vehicles on the road section and within the crossing and length of 9 the crossing. In this regard, on each direction of movement it was separately considered: time for acceleration and braking which the vehicle spends approaching the crossing on the red or yellow traffic light at underspeed and stops; time for acceleration and braking of the vehicle passing the crossing on the green phase of traffic lights; average vehicle downtime expecting the green light. To consider all diversity of road transport vehicles due to the type of the fuel consumed, engine type, capacity etc. and to determine the energy consumption of traffic stream in each direction of movement the offered coefficients are applied for correlation of the vehicles with a single car due to the characteristics of energy consumption specified in previous researches. Provided that this calculation is performed separately for the vehicles concentrating at the crossing and the vehicles passing the crossing on the green phase of traffic light. Consolidated figures of transport energy consumption on the direction of movement are equal to the sum of regulatory transport energy consumption, transportation energy in idle run, braking and acceleration. Provided that the nature of alteration of the basic linear rate of fuel consumption is considered depending on the mode of the engine operating conditions. Energy consumptions of traffic within the crossing with compulsory traffic control are equal to the sum of transport energy consumptions on each direction of movement within the crossing. Due to the developed methodology transport energy consumption is determined within the crossing of Dorohozhytska Street – Ryzka Street – Shamryla Steet in Kiev. The structure of traffic within the crossing is based on conducted natural inspections. Arrangement of all types of fuel refilling tankers by the type of fuel consumed and light vehicles by the engine capacity is performed in accordance with the previous researhes. As a result of the calculations performed, it was established that the current length of the traffic light regulation phases within the crossing of Dorohozhytska Street – Ryzka Street – Shamryla Steet in Kiev contributes to the lowest energy consumption. With the change of length of the green light phase an increase in energy consumption of traffic is observed within the crossing. Therefore, further optimization of phases of traffic light regulation within the mentioned crossing (in terms of minimizing energy consumption of traffic stream) is not profitable. The developed methodology does not consider the impact of phases' duration of traffic light regulation within the investigated crossing on transport energy consumption within the related elements of the road network of the city. In this regard, further improving of this methodology is an important contribution to the development of energy-efficient design solutions in road network of the city.

## ФАСАДНІ СИСТЕМИ З ВІДБИВНОЮ ІЗОЛЯЦІЄЮ НА ВНУТРІШНІЙ СТОРОНІ ОБЛИЧКУВАННЯ

<sup>1</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

<sup>2</sup>Донбаська національна академія будівництва і архітектури, Україна

*В роботі проводиться аналіз теплотехнічних можливостей використання відбивної ізоляції в панельному облицюванні фасадних систем*

**Постановка проблеми.** Панелі облицювання фасадної системи з відбивною ізоляцією (термосайдинг) представляють собою нове конструктивне рішення. Зовнішній шар із металевих сплавів та художньо оброблена поверхня може сприяти архітектурній виразності фасадів. Внутрішній шар із пінополістиролу є додатковою теплоізоляцією. Внутрішня поверхня з алюмінієвої фольги також сприяє підвищенню опору теплопередачі за рахунок зменшення променевої складової теплообміну

Дана конструкція, якщо використовувати її в вентиляованій фасадній системі теплоізоляції зовнішніх стін, може бути віднесена згідно ДСТУ Б В.2.6-34 [1] та ДСТУ Б В.2.6-35:2008 [2] до класу В, підкласу В.10.3 – облицювання іншими індустриальними елементами. Це пов'язано з присутністю у виробі утеплювача та відбивного шару.

Постачальниками будівельних матеріалів і виробів активно пропонуються різні системи як сучасні і більш досконалі для застосування в якості зовнішнього облицювання, які мають переваги у легкій вазі, простоті монтажу, тощо. Оскільки такі системи не сертифіковані, то на першому етапі наукового супроводу потрібно виконання теплотехнічних розрахунків за діючими в Україні методиками та стандартами.

Відтак, перевірочний аналіз теплотехнічних обмежень у використанні систем з відбивною ізоляцією є актуальною й важливою задачею.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Для виконання поставленої мети, було проаналізовано різні варіанти термосайдингів, що представлені на будівельному ринку України. Найбільш поширеним є термосайдинг DIVIN, що є покращеною моделлю відомого бренду IG Kogyo (Ай Джі Койо, Японія). Вказуються неймовірно фантастичні значення теплотехнічних показників, наприклад, теплопровідність становить 0,02-0,2 Вт/(мК). Множник 0,2 відноситься до променистої складової теплообміну і це дозволяє декларувати при «монтажі на стіну» опір теплопередачі, що дорівнює 4 м<sup>2</sup>К/Вт, а при «вентильованому фасаді» – відповідно 2,8 м<sup>2</sup>К/Вт при товщині термосайдингу всього 16 мм. Зрозуміло, що потрібні лабораторні або натурні спостереження, які встановлять кількісні показники теплопровідності і допоможуть визначити приведені опори теплопередачі.

Ще одним, не менш вагомим чинником виявлення можливостей використання запропонованої системи термосайдингу, є її паропроникність. Вона є складовою системи «зовнішня стіна-облицювання» (з присутністю або відсутністю повітряного прошарку) і не повинна порушувати основне правило передачі пароподібної вологи через огороження, для цього шари матеріалів, що розташовані в напрямку зсередини приміщення на зовнішню сторону, повинні мати зменшення опору паропроникності.

Інші відомі матеріали, наприклад, панелі Ханью (Unipan), Стеноліт S814-8, панелі BAIKAL мають такі ж невизначені теплотехнічні показники і потребують відповідних досліджень.

Перші теоретичні розрахунки щодо можливостей використання термосайдингів у відповідності до діючих норм теплотехніки України викладені в роботі [3].

**Формулювання цілей та завдання статті.** Зважаючи на вище сказане, потрібен аналіз можливих теоретичних значень опорів теплопередачі стін з термосайдингом в залежності від наявності повітряного прошарку та додаткового шару утеплювача.

**Основна частина.** В даній роботі в якості базового варіанту прийнята зовнішня стіна зі шлакопемзобетону товщиною 400 мм і термосайдинг з показниками DIVIN, що можуть бути характерними для інших типів такої конструкції. Вихідні дані для розрахунків наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Розрахункові показники зовнішньої стіни

№ шару	Найменування шару	Щільність $\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>	Товщина $\delta$ , м	Теплопровідність $\lambda$ , Вт/(м·К)	Опір теплопередачі $R$ , м <sup>2</sup> ·К/Вт	Опір паропроникненню $R_{\text{пр}}$ , м <sup>2</sup> ·год·Па/мг
1	Вапняно-піщаний розчин	1800	0,015	0,930	0,016	0,167
2	Блоки шлакопемзобетонні	1600	0,400	0,630	0,635	4,444
3	Плити мінераловатні	75	0,100	0,042	2,381	0,185
4	Облицювання фасадної системи DIVIN	240	0,016	0,040	0,400	2,000

За відсутності точних характеристик термосайдингу, його теплопровідність прийнята за ДСТУ Б В.2.6-189 [4], як для пінополіуретану, а паропроникність за аналогією з облицюванням природним каменем. Конструкція розглядається для умов м. Києва, який відноситься до I-ої температурної зони України згідно з ДБН В.2.6-31 [5].

Розглядаються три варіанти конструктивного рішення. Варіант 1 – фасадна система DIVIN кріпиться до зовнішньої поверхні стіни без утворення

повітряного прошарку. Варіант 2 – те саме, із замкненим повітряним прошарком товщиною 15 мм. Варіант 3 – те саме, що у варіанті 2 із розташуванням на поверхні стіни додаткового шару утеплювача товщиною 0,1 м та теплопровідністю 0,042 Вт/(м·К) без повітряного прошарку.

Опір теплопередачі по основному полю для варіанту 1 становить всього  $1,2 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ , для варіанту 2 за рахунок повітряного прошарку збільшується до  $1,5 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$  і тільки при встановленні у варіанті 3 додаткового шару теплоізоляції досягає величини  $3,59 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$  – достатньої за вимогою ДБН В.2.6-31.

Зрозуміло, що розрахунок вентиляованої фасадної системи на даному етапі за відсутності національного стандарту виконати неможливо.

Перевірка умов паропроникності проводилась для варіанту 1. Результати розрахунків, виконаних за методикою ДСТУ-Н Б В.2.6-192 [6] та [7], приведені на рисунку 1. В масштабі опорів паропроникненню  $R_{e,}$   $\text{м}^2\cdot\text{год}\cdot\text{Па}/\text{мг}$ , побудовані залежності парціального тиску насиченої водяної пари  $E$ , Па, та парціального тиску водяної пари  $e$ , Па, для січня. Перетин ліній значень максимальної ( $E$ ) та дійсної ( $e$ ) пружності водяної пари фіксують умови накопичення вологи на межі між утеплювачем та обличчуванням із термосайдінгу.

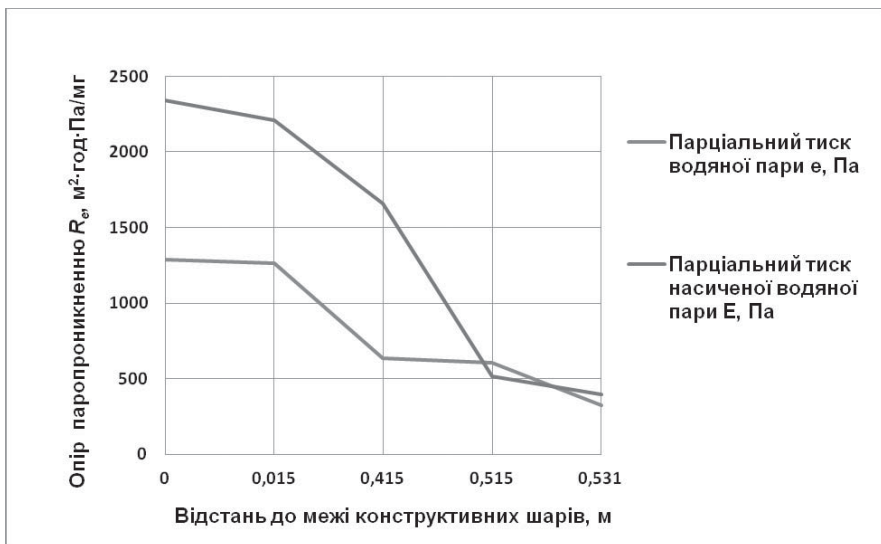


Рис. 1. Розподіл парціальних тисків в товщі огорожувальної конструкції за січень

### Висновки та перспективи подальших досліджень.

1. За теплотехнічними характеристиками (опір теплопередачі) конструкція фасадної системи з термосайдінгом придатна до застосування в умовах України для житлових та громадських будівель тільки з додатковим шаром утеплювача.

2. Влаштування конструкції без повітряного прошарку між додатковим утеплювачем та облицюванням термосайдінгом неприпустимо. Встановлені показники вологісного режиму системи з додатковим утеплювачем вказують на необхідність влаштування вентиляованого повітряного прошарку.

3. В подальшому при розробці конструктивної схеми вентиляованої фасадної системи за вимогами для систем з використанням облицювання термосайдінгом (недопущення конденсату на утеплювачі або внутрішній поверхні облицювання) необхідно виконувати додаткові розрахунки швидкості руху, температури та вологості повітря в прошарку.

4. Проектування вентиляованих фасадних систем з використанням облицювання термосайдінгом треба вести на основі вказівок ДСТУ Б В.2.6-35:2008 [2] в частині складу підоблицювальної конструкції, способів кріплення її елементів між собою і до стіни, забезпечення характеристик міцності і довговічності, виконання протипожежних, екологічних вимог тощо.

5. Розрахунки, виконані за ДБН В.2.6-31 [5], але їх результати слід вважати попередніми, оскільки всі теплотехнічні характеристики облицювання термосайдінгу прийняті орієнтовно і потребують подальших лабораторних досліджень.

## Література

1. Конструкції будівель і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні вимоги: ДСТУ В 2.6-34:2008. [Чинний від 2009-06-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 14 с. – (Національний стандарт України).

2. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустриальними елементами з вентиляованим прошарком. Загальні технічні умови: ДСТУ Б В.2.6-35:2008 – [Чинний від 2009-06-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 25 с. – (Національний стандарт України).

3. Тимофєєв М. В. Можливості використання облицювання з відбивною ізоляцією в фасадних системах / М. В. Тимофєєв. – К.: Будівельні конструкції: Збірник наукових праць НДІБК, вип. 78, 2014. – С. 54-59.

4. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель: ДСТУ Б В.2.6-189:2013 – [Чинний від 2014-01-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2014. – 46 с. – (Національний стандарт України).

5. Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В 2.6-31:2006. [Чинний від 2006-09-09]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2007. – 71 с. – (Національний стандарт України). Зі Зміною №1 від 01.07.2013 р.

6. Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій. ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013. [Чинний від 2014-01-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2014. – 71 с. – (Національний стандарт України).



7. Тимофеев М. В. Розрахунки теплової ізоляції будівель: навчальний посібник / М. В. Тимофеев, Г. Г. Фаренюк // Донецьк-Макіївка : Норд – Прес, ДонНАБА, 2009. – 74 с. ISBN 978-966-380-294-7.

## **ФАСАДНЫЕ СИСТЕМЫ С ОТРАЖАЮЩЕЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ НА ВНУТРЕННЕЙ СТОРОНЕ ОБЛИЦОВКИ**

*Тимофеев Н. В., Шамрина Г. В.*

В работе проанализирована возможность использования термосайдингов с отражающей изоляцией в качестве дополнительного утепления наружных стен, показано возможное нарушение влажностного режима стенового ограждения и необходимость устройства вентилируемой фасадной системы.

## **FACADE SYSTEM WITH REFLECTIVE INSULATION INSIDE THE LINING**

*Mykola V. Tymofieiev, Galina V. Shamrina*

The paper analyzed the possibility of using thermal siding with reflective insulation as an additional thermal insulation of external walls, it shows a possible violation of humidity conditions and the need for wall fencing device ventilated facade system.

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗЕЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОВРЕМЕННЫХ УРБОЦЕНОЗАХ

<sup>1</sup>Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Украина,

<sup>2</sup>Компания ZinCo, GmbH,

<sup>3</sup>Компания «ЗІНКО Україна», Украина

*В статье рассмотрены экологические проблемы современных урбоценозов. Выходом из сложившейся ситуации может быть кровельное озеленение, ценность которого не только в обновлении экосистемы, но и в энергоэффективности.*

**Постановка проблемы.** Одной из наиболее характерных особенностей развития современного общества является быстрый рост городов, непрерывный темп увеличения численности их жителей, увеличение роли городов в жизни общества, преобразование сельской местности в городскую, а также миграция сельского населения в города.

Актуальность данной темы заключается в следующем: большинство граждан мира рождаются горожанами; в начале третьего тысячелетия в городах проживает пять с половиной миллиардов из семи миллиардов людей; урбанизация влияет на экологическое состояние окружающей среды.

С одной стороны, урбанизация улучшает условия жизни населения, с другой – приводит к вытеснению природных систем искусственным, загрязнению окружающей среды, повышению химической, физической и психологической нагрузки на организм человека. Иначе говоря, наблюдается превращение естественных биогеоценозов в искусственные агроценозы и урбоценозы [1, 2].

**Анализ литературы.** Любой биогеоценоз представляет собой естественную систему, состоящую из двух основных компонентов: биоценоза (живая составляющая) и биотопа (ареала). Система является открытой, поэтому подвержена влиянию факторов неживой природы (абиотических). Живая составляющая биогеоценоза (растительный, животный мир и микроорганизмы) связаны между собой разными факторами живой природы (биотическими). Примерами биогеоценозов могут быть луг, степь, лес и другие природные системы. В биогеоценозах наблюдаются сложные процессы обмена и преобразования веществ и энергии, существуют различные типы питания. При этом в биогеоценозах нет лишних звеньев. Весь гомеостаз природного организма четко регулируется. Например, появление большого количества грызунов приводит к увеличению числа хищников [3].

Однако действие антропогенных факторов в биогеоценозах приводит к дестабилизации, изменениям и нарушениям существующих экологических

связей. Естественную среду человек полностью заменяет искусственной. Степь и леса распахиваются для сельскохозяйственных нужд, строительства и промышленности. Полностью меняются ландшафты, нарушаются пищевые цепи питания. Меняется не только внешний облик урбоценоза, но и его климатические особенности. Одной из проблем, сопровождающих развитие мегаполисов в современном мире, является уменьшение биологического разнообразия, в том числе сокращение видов. Естественный биоценоз смещается за пределы урбоценоза, нарушаются пути естественной миграции.

Проблема вытеснения природной составляющей из городской среды, замена ее на искусственную, приводит к изменению микроклимата, появлению серьезных экологических проблем.

К основным факторам, вызывающим изменения микроклиматических условий в урбоценозе, следует отнести:

- загрязнение атмосферного воздуха (изменение его состава, выражающееся в увеличении содержания твердых взвешенных частиц и посторонних газообразных примесей);

- изменение теплообмена за счет закрытости горизонта, теплофизических свойств городских поверхностей (теплоемкость, отражательная способность примесей);

- искусственное образование потоков тепла при отоплении, работе автотранспорта, на промышленных предприятиях;

- создание «городских бризов».

Решение данной проблемы постоянно требует проведения в районах новостроек комплекса мер по нормализации ветрового режима в отдельных микрорайонах за счет более рациональной планировки кварталов, строительства ветрозащитных сооружений и высадки зеленых насаждений.

К самым актуальным экологическим проблемам урбоценозов относятся утилизация отходов, загрязнение почвы и воды, шумовое и вибрационное загрязнение. Нельзя обойти вниманием и проблему загрязнения внутренней среды помещений, в которых современный человек проводит большую часть времени. Микроклиматические особенности урбоценозов в совокупности с неблагоприятными экологическими факторами негативно влияют на здоровье человека, провоцируя различные заболевания.

На сегодняшний день существует несколько путей смягчения неблагоприятной экологической обстановки урбоценозов: технический (фильтры и очистные сооружения, заводы по переработке отходов); юридический (эффективная система нормативно-правовых актов по охране и восстановлению окружающей среды); биологический (оптимизация окружающей среды с помощью растений).

**Формулирование целей и задач.** Наличие в городах зеленых насаждений является одним из наиболее благоприятных экологических факторов. Зеленые насаждения активно очищают атмосферу, кондиционируют воздух, снижают уровень шумов, препятствуют возникновению неблагоприятных ветровых режимов, кроме того, зелень в городах благотворно действует на эмоциональное состояние человека. При этом зеленые насаждения

должны быть максимально приближены к месту жительства человека, только тогда они могут оказывать максимальный положительный экологический эффект.

Однако в городах зеленые насаждения расположены крайне неравномерно, особенно это касается центральной части города с уплотненной застройкой. Поэтому выходом является использование альтернативных форм озеленения: кровельного, вертикального, мобильного и строительство экопарковок. Такой тип озеленения будет способствовать созданию экокоридоров между частями биотопа и биогеоценоза в урбоценозе.

**Основная часть.** В данной статье мы подробнее рассмотрим аспект *кровельного озеленения*, которое является важным элементом стратегии решения таких проблем, как повышенная температура центров городов (urban-heat-islandeffect), регулирование сточных вод и загрязнение воздуха.

Глобальное потепление, увеличение застроенных площадей, индустриальные постройки и интенсивное движение транспорта способствуют повышению температуры городских центров. Разница температур между центром города и окраиной может достигать до 10°C. Увеличение средней температуры всего на 3°C сильно сказывается на жизни насекомых и растений – они могут просто исчезнуть или будут вытеснены другими видами. Отсутствие ночной прохлады наиболее негативно влияет на самочувствие людей. Природные «кондиционеры» – парки и зеленые зоны в состоянии поглощать до 80% всего теплового излучения за счет растений и влажной почвы. Но в густо заселенных районах очень часто отсутствуют такие парки. В данной роли могут выступать зеленые крыши. Охлаждая и увлажняя воздух, они способствуют улучшению микроклимата в центрах городов. Кроме того, охлаждающий эффект от кровельного озеленения значительно увеличивает качество работы систем кондиционирования воздуха или вообще позволяет отказаться от их использования.

Постоянно увеличивающаяся площадь застройки, ставит города перед проблемой утилизации больших объемов воды. Осадки больше не могут уходить в землю и собираются с водонепроницаемых поверхностей (как дороги, парковки, крыши) в большие объемы. При этом нагрузка на системы канализации и отвода воды увеличивается в разы! Город может разрастаться, но уже устроенная система канализации обладает ограниченной пропускной способностью. Именно поэтому городские управления больших городов и предписывают создание зеленых крыш на зданиях новых жилых кварталов. Например, в городе Роттердам остро стоит проблема сбора дождевой воды из-за невозможности увеличить подземную канализацию. В то же время, в Нидерландах с 1910 по 2009 гг., годовое количество осадков увеличилось на четверть. Одновременно количество дней с очень сильными ливнями увеличилось на 85%! Единственно возможное решение – это децентрализация сбора воды, то есть ее задержание и использование в том месте, где она выпадает. Зеленая крыша может уменьшить водосток на 40-90% в зависимости от используемой системы [4]. Большая часть воды накапливается в субстрате (растительной среде) или испаряется, возвращаясь в естественный круговорот

воды. Даже если осадки и превышают накопительную способность зеленой крыши, вода начинает стекать с кровли с большой задержкой. То есть после того, как основной поток воды с застроенных площадей уже был принят системами водоотвода, что значительно снижает пиковую нагрузку на водостоки.

Кроме привлекательного внешнего вида, зеленые кровли обладают неоспоримыми преимуществами, как экологического, так и экономического характера. Многочисленные научные исследования и практический опыт подтверждают благотворное влияние зеленых крыш на климат, разнообразие растительности и общий ландшафтный облик города.

Ценность альтернативных форм озеленения урбоценозов не только в обновлении экосистемы, но и в энергоэффективности. Данное направление стало особенно актуальным в Европе в 60-е года во время энергетического кризиса. В настоящее время энергоэффективные технологии очень актуальны и для Украины. Зеленая крыша является своего рода температурным буфером, что улучшает показатели расхода энергии на отопление зимой и охлаждение летом. Зеленые крыши вносят свой вклад в термоизоляцию здания. Экономия напрямую зависит от климата, состава и количества субстрата, высоты кровельного пирога и подбора растений, поэтому и экономический эффект будет индивидуален для каждой зеленой крыши.

Для примера, в зимнее время эффект термоизоляции при экстенсивном озеленении и высоте субстрата всего в 10 см может улучшаться на 10%. Разница в температурах на поверхности гидроизоляции без озеленения может достигать 100 градусов в течение года. В то время как перепады температуры под озеленением находятся в пределах 30К. Особенно в летнее время зеленая крыша помогает снизить нагрузки от жары на порядок до 60%.



Рис. 1. Гелиосистема на зеленой кровле Украинского католического университета, г. Львов, 2016 г.

Многочисленные исследования в этой области сходятся в одном, зеленая крыша помогает эффективно сглаживать скачки температуры [5]. Наибольшая термоизоляция достигается летом, за счет охлаждения верхних этажей здания. Профессор Гернот Минке считает, что озеленение кровель по сравнению с обычным кровельным покрытием обладает многочисленными преимуществами [6]. Например, температура кровельной конструкции под системой зеленой

крыши, при температуре окружающей среды в 30°C, составляла 17,5 градусов. При этом толщина субстрата была всего 16 см. В Январе при минус -14°C, температура под растительной средой составляла 0 градусов [7].

Повысить энергоэффективность зеленой кровли можно также с помощью гелиосистем (рис. 1).

**Выводы.** Таким образом, смягчить экологические проблемы в современных урбоценозах можно с помощью альтернативных видов озеленения, к которым принадлежит кровельное озеленение. Перспективность данного направления в экологическом, экономическом и энергоэффективном аспектах.

## Литература

1. Трофімович В. В. Основи екології / В. В. Трофімович. – К. : ІЗМН, 1996. – 212 с.
2. Экология города/общее ред. Ф. В. Стольберг : Учебник. – К. : Либра, 2000. – 464 с.
3. Горохов В. А. Городское зеленое строительство / В. А. Горохов. – М. : Стройиздат, 1991. – 416 с.
4. «Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen», 2008, FLL". [Electronic resource] - <http://www.fll.de/shop/bauwerksbegrueunung/dachbegrueunungsrichtlinie-2008.html>
5. Green Roofs – Bringing Nature Back to Town. [Electronic resource] / Zugriff auf die Veröffentlichung: [http://www.igra-world.com/green\\_roof\\_literature/index.php](http://www.igra-world.com/green_roof_literature/index.php)
6. 13 Fragen an Professor Gernot Minke // Dach+Grün. – 2014. – № 3. – S. 6–10.
7. Dämmung durch Dachbegrünungen // Dach+Grün. – 2014. № 4. – S. 6–12.

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЗЕЛЕНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СУЧАСНИХ УРБОЦЕНОЗАХ

*Ткаченко Т. М., Кріст І., Полевая Ю. В.*

У статті розглянуті екологічні проблеми сучасних агроценозів. Виходом зі сформованої ситуації може бути дахове озеленення, цінність якого не тільки в оновленні екосистеми, але і в енергоефективності.

## GREEN ENERGY TECHNOLOGIES IN MODERN URBOTSENOZAH

*Tatiana Tkachenko, Ivan Crist, Julia Polevaya*

The article deals with the environmental problems of modern urbotsenozov. The way out of this situation can be roof greening, the value of which is not only to upgrade the ecosystem, but also energy efficiency.

## **НАУКОВО-ОСВІТНІЙ ЦЕНТР ПРОЕКТУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕНЬ БУДІВЕЛЬ БЛИЗЬКИХ ДО НУЛЬОВОГО ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ КНУБА: ЕТАПИ ЗАСНУВАННЯ ТА ТРЕНІНГОВІ ПРОГРАМИ**

<sup>1</sup>Всеукраїнська благодійна організація «Інститут місцевого розвитку», Україна

<sup>2</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

*Розкрито основні аспекти та етапи заснування «Науково-освітнього центру проектування та досліджень будівель близьких до нульового енергоспоживання Київського національного університету будівництва і архітектури». Описано специфіку навчальних підходів, а також лекційних і практичних програм тренінгових курсів, які планується розпочати проводити у КНУБА восени 2016 року.*

**Проблематика галузевого стану.** В останні роки важливим кроком державної політики в галузі енергоефективності та енергозбереження стала потужна підтримка законодавчих та нормативно-правових проектів у будівництві та архітектурі. Проявом такої підтримки стали прийняті у 2015 році: Закон України «Про внесення змін до Бюджетного кодексу України щодо запровадження нових інвестиційних можливостей, гарантування прав та законних інтересів суб'єктів підприємницької діяльності для проведення масштабної енергомодернізації», а також Закон України «Про запровадження нових інвестиційних можливостей, гарантування прав та законних інтересів суб'єктів підприємницької діяльності для проведення масштабної енергомодернізації». Вже на 2016 рік заплановано розгляд: проекту Закону України «Про енергоефективність будівель» та проекту Закону України «Про комерційний облік», що також мають спричинити позитивні зрушення у галузі будівництва та житлово-комунального господарства.

У сфері нормативного забезпечення відображенням істотного поліпшення галузевої ситуації стали нові стандарти України, а саме [3 – 7]: ДСТУ EN 15232:2014 «Енергоефективність будівель. Вплив автоматизації, моніторингу та управління будівлями», ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014 «Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків», ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 «Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки та енергетичної сертифікації будівель», ДСТУ ISO 50001:2014 «Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання», ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні».

Чималих обертів набирає Державна програма підтримки модернізації інженерних систем будівель, що передбачає обов'язкову імплементацію ряду директив Євросоюзу [1]. Останні орієнтовані на [8 – 10]: комплексну систематизацію за допомогою маркування та стандартизації інформації про

товар, обсяги споживання енергії та інших ресурсів енергоспоживчими продуктами (Директива 2010/30/ЄС), на впровадження енергоефективних заходів у будівельному секторі по відношенню до існуючих споруд та новобудов (EPBD, Директива 2010/31/ЄС), а також на ефективність кінцевого використання енергії та енергетичних послуг (з 25.10.2012 EED 2012/27/ЄС Про енергоефективність – Директива 2006/32/ЄС).

При цьому, інформаційна політика країни не має єдиного визначеного вектору та висвітлює більше соціальні проблеми, а ніж можливі шляхи вирішення реальних фінансово-економічних та технічних проблем будівельного й житлово-комунального секторів, пов'язаних з енергоефективністю. Саме тому велику цінність представляють програми підтримки та розвитку Європейських країн, зокрема у сфері освіти й науково-технічних досліджень. Справа в тому, що участь у таких програмах приймає здебільшого ініціативна та амбіційна молодь: спеціалісти із різних галузей науки і техніки, в тому числі проєктувальники й будівельники, що зацікавлені в успішному розвитку держави та в її енергетичній незалежності.

**Огляд попередніх викладок і публікацій.** Однією з найбільш відомих програм заходу стала Восьма рамочна програма Європейського Союзу з розвитку наукових досліджень та технологій (РП8): «Горизонт 2020». В межах цієї програми минулого року в Україні та ще шести країнах Європи та Азії було розпочато роботу над міжнародним проєктом «Підготовка спеціалістів по зведенню будівель близьких до нульового енергоспоживання («Nearly Zero Energy Buildings» – NZEB): Інформаційні інженерно-будівельні центри знань» (Проєкт). В Україні реалізатором Проєкту стала Всеукраїнська благодійна організація «Інститут місцевого розвитку» (ІМР), що виконує основні його задачі за підтримки Київського національного університету будівництва і архітектури (КНУБА) – місцевого учасника Проєкту в Україні.

Як зазначалось у [2], головним завданням ІМР в рамках реалізації Проєкту є створення та подальший розвиток найбільшого в Україні навчально-консультаційного осередку енергоощадних знань та технологій: «Інформаційного Інженерно-Будівельного Центру Знань» (Центру). За спільною домовленістю між ІМР та КНУБА було вирішено створити такий Центр на базі КНУБА, як спеціальний науковий структурний підрозділ останнього. Згідно з грантовою угодою між ІМР та Виконавчим агентством для підприємств (організацій) малого і середнього розміру (Агентством), уповноваженим Європейською Комісією, протягом трирічного строку реалізації Проєкту Центр має підготувати й провести ряд тренінгових курсів та інформаційно-освітніх заходів. Метою цих заходів є впровадження та розвиток концепцій будівель близьких до нульового енергоспоживання; поширення професійних знань стосовно енергоефективності в архітектурі та будівництві й підвищення кваліфікаційного рівня спеціалістів відповідної галузі; підняття рівня обізнаності широких верств населення щодо проблем енергозбереження й екології та шляхів їх вирішення; популяризація енергоощадних технологій, а також ідей та заходів, спрямованих на зменшення споживання енергоресурсів у сучасному будівництві та комунальному господарстві.



**Етапи заснування Центру.** Для приведення у відповідність головного освітньо-інформаційного призначення Центру та його практичних і стратегічних задач в рамках функціонування у КНУБА, назву Центру було сформульовано та затверджено наступною: «Науково-освітній центр проектування та досліджень будівель близьких до нульового енергоспоживання (NZEБ) Київського національного університету будівництва і архітектури» (скорочено – «NZEБ-Center» КНУБА).

Планується, що Центр умовно складатиметься з 5-ти функціональних відділів, діяльність яких забезпечить повну реалізацію задач Проекту та дозволить у подальшому перейти на самозабезпечення шляхом здійснення фінансово-господарської діяльності. Ці відділи наступні:

- Відділ підготовки й перепідготовки кадрів та навчальної роботи;
- Відділ інформаційного забезпечення;
- Відділ маркетингу, організаційно-технічної роботи та планування;
- Архітектурно-проектний відділ;
- Відділ науково-технічних досліджень та чисельного й комп'ютерного моделювання.

Протягом перших трьох років розвиток Центру відбуватиметься за сценарієм, регламентованим грантовою угодою між ІМР та Агентством. Відповідно до нього протягом першого року імплементації Проекту Центр має бути юридичної створено та оснащено мінімально-необхідною матеріально-технічною базою, а саме зразками матеріалів та обладнання, потрібними для проведення лекційних і практичних занять (воркшопів). Окрім того, в цей період має бути розроблено більшу частину тематичних лекційних матеріалів, презентацій та настанов для майбутніх слухачів тренінгових курсів для трьох цільових аудиторій:

(А) Для робітників-будівельників (майстрів, бригадирів та виконробів, спеціалістів технічного нагляду, тощо).

(В) Для висококваліфікованих та провідних спеціалістів будівельної галузі (конструкторів, архітекторів, інженерів, менеджерів-координаторів будівельних робіт, проектно-будівельних консультантів, тощо).

(С) Для осіб, які не є професійними будівельниками, однак наділені повноваженнями щодо прийняття ключових рішень й у подальшому можуть сприяти поширенню технічних й технологічних рішень з енергоефективності у будівельному та житлово-комунальному секторах (особи, що займають керівні посади, представники державних організацій і муніципалітетів, громадські діячі, тощо).

Протягом наступних двох років імплементації Проекту Центром мають бути у повному обсязі проведені власне тренінгові курси для визначеної грантовим договором між ІМР та Агентством кількості слухачів [2]. Також, протягом усього строку реалізації Проекту мають систематично проводитись інформаційно-освітні заходи, спрямовані на ознайомлення широкого загалу із основними принципами та концепціями проектування та зведення будівель близьких до нульового енергоспоживання. За попередніми прогнозами проведення самих тренінгових курсів розпочнеться уже восени 2016 року.

Планується, що Центр буде засновано та розвиватиметься у 2 етапи, протягом яких буде сформовано навчально-інформаційну та матеріально-технічну бази його відділів, а також налагоджено робочі зв'язки із усіма партнерами Проекту. Остаточний функціональний склад, форми функціонування та основні задачі Центру детально описані в [2].

На першому етапі планується облаштування навчальних площ та підготовка найбільш необхідних для початку навчання зразків у аудиторних приміщеннях 5-го поверху центрального корпусу КНУБА. Тут будуть підготовлені:

1) лекційна аудиторія (розрахована на 25-30 слухачів), об'єднана з експозиційним залом зі зразками енергоефективних будівельних матеріалів, конструкцій, та устаткування, а також із обладнанням для проведення енергоаудиту об'єктів архітектури (рис. 1);



Рис. 1. Лекційна аудиторія

2) комп'ютерна аудиторія (розрахована на 6-8 слухачів) призначена для проведення практичних робіт з чисельного моделювання та вирішення задач будівельної фізики, у якій окрім іншого зберігатиметься література та друковані матеріали за тематикою енергозбереження в будівництві і архітектурі (див. рис. 2);



Рис. 2. Комп'ютерна аудиторія

3) конференц-зал для виконання практичних завдань, обговорення тематичних лекційних матеріалів та проведення кава-брейків (див. рис. 3).



Рис. 3. Конференц-зал

Хол 5-го поверху також планується використовувати в якості демонстраційного залу для тематичних експонатів (див. рис. 4).



Рис. 4. Хол з експонатами

На другому етапі розвитку Центру планується його значне розширення із використанням площі додаткових приміщень, розміщених в Інституті інноваційної післядипломної освіти КНУБА. Даний етап потребує здійснення модернізації та ремонтних робіт вище згаданих приміщень з метою їх функціонального переформатування та адаптації до потреб Центру. Детальний опис та призначення даних аудиторій наведено в [2].

Оснащення матеріально-технічної бази Центру та підготовка експонатів для проведення занять тренінгових курсів виконуватиметься за підтримки партнерів Проекту в Україні, представлених провідними виробниками ефективних будівельних матеріалів, конструкцій та виробів, розробниками передових технологій та програмного забезпечення в галузі енергоефективності в будівництві та архітектурі, а також компаній-забудовників та розробників архітектурно-проектної документації.

Окрім того провідних фахівців компаній-партнерів Проекту планується залучати до проведення практичної складової тренінгових курсів у формі воркшопів за тематикою, що відповідає напрямку їх діяльності.

**Партнери Проекту в Україні.** На теперішній день найбільш активна робота з розробки воркшопів та удосконалення лекційного курсу ведеться із представниками наступних компаній:

1. Rehau (системи світлопрозорих огорожувальних конструкцій та обладнання внутрішніх інженерних мереж).

2. Danfoss (обладнання інженерних мереж, енергоефективне теплотехнічне обладнання та системи охолодження).

3. Henkel Bautechnik (сучасні будівельні матеріали та вироби, такі як будівельні суміші, фарби, опоряджувальні матеріали, фасадні системи).

4. TechnoNIKOL (системи ефективного утеплення та ізоляції зовнішніх огорожувальних конструкцій).

5. A-CLIMA (сучасні системи вентиляції, кондиціонування, рекуперації та обладнання систем альтернативної енергетики).

6. Vaillant (екологічно чисті та енергозберігаючі системи опалення та вентиляції, основані, головним чином, на поновлюваних джерелах енергії).

7. URSA (сучасні теплоізоляційні й звукоізоляційні матеріали та вироби).

8. Wienerberger (керамічні матеріали та вироби, такі як блоки Паротерм, клинкерна лицьова цегли та керамічна черепиця, а також інші матеріали огорожувальних конструкцій, зокрема для пасивного будівництва).

9. Техно Альянс (будівельні вироби та конструкції з алюмінію в тому числі для огорожувальних та світлопрозорих конструкцій).

Деякі з зазначених компаній прийматимуть участь у проведенні як практичних так і лекційних занять, влаштовуючи додаткові презентації та показові майстер-класи протягом тренінгів. При цьому допускається, що на початковому етапі заснування Центру, практичні заняття проводитимуться компаніями-партнерами як на території КНУБА, так і у власних спеціально обладнаних приміщеннях.

Так, наприклад, на перших практичних заняттях в рамках тренінгових курсів Центру компанія Rehau використовуватиме власний навчальний центр та лабораторію для випробувань, що орієнтовані на ознайомлення слухачів з технічними й технологічними аспектами проектування, збирання, монтажу і експлуатації енергоефективних світлопрозорих конструкцій вікон, дверей, зовнішніх огорожувальних конструкцій, а також внутрішніх інженерних систем (рис. 5).

Аналогічним чином пропонує проводити перші практичні заняття із використанням власного навчального центру й компанія TechnoNIKOL. Учбові приміщення, устаткування та зразки, що пропонуються цією компанією спеціально обладнані та призначені для здійснення комплексної підготовки спеціалістів із улаштування тепло- та гідроізоляційних матеріалів зовнішніх стінових конструкцій, фундаментів, конструкцій покриттів та міжповерхових перекриттів житлових і промислових будівель та споруд із застосуванням сучасних технологій і матеріалів (рис. 6).



Рис. 5. Навчальний центр та лабораторія випробувань компанії Rehau



Рис. 6. Навчальний центр компанії TechnoNIKOL

**Тренінгові програми та навчальні матеріали.** Програми тренінгових курсів, що готуються для викладання у Центрі, були розроблені спеціалістами ІМР та КНУБА на основі опитування, проведеного серед представників цільових аудиторій, та з урахуванням досвіду професорсько-викладацького складу КНУБА й технічних експертів ІМР у наступних галузях: 1) архітектурні конструкції й об'ємно-планувальні рішення будівель та споруд; 2) будівельна фізика; 3) теплотехніка; 4) інженерні мережі; 5) альтернативні джерела енергії. Відтак склад кожної учбової програми орієнтовано на потреби відповідної категорії слухачів.

Зокрема, програма підготовки робітників-будівельників складатиметься з 10 модулів. Вона передбачає 40 годин занять з викладачами (16 лекційних та 24 практичних). Найбільший наголос у навчальних матеріалах зроблений на практичних аспектах зведення будівель, близьких до нульового енергоспоживання. Багато уваги приділяється нормативним вимогам до теплоізоляційної оболонки будинку, сучасним енергоефективним матеріалам та конструктивним рішенням, питанням вибору джерел теплопостачання та ефективних систем вентиляції внутрішніх приміщень будівлі.

Програма підготовки висококваліфікованих та провідних спеціалістів



будівельної галузі міститиме 10 модулів. Вона передбачає 40 годин занять з викладачами (25 лекційних та 15 практичних). Найвагоміші акценти у курсі поставлені на принципах розробки та розрахунку енергоефективних проектних рішень у будівництві і архітектурі. Більшість учбових матеріалів присвячені методологічним аспектам проектування енергоефективних будинків, інженерним розрахункам ефективних конструкцій із застосуванням сучасного програмного забезпечення, а також принципам комплексного застосування енергозберігаючих систем вентиляції, опалення та теплопостачання у поєднанні із альтернативними джерелами енергії.

Програма підготовки осіб, які не є професійними будівельниками, однак наділені повноваженнями щодо прийняття ключових рішень включатиме 11 модулів. Вона передбачає 20 годин занять з викладачами (16 лекційних та 4 практичних). Майже усі учбові матеріали орієнтовані на ознайомлення слухачів із техніко-економічними й законодавчі аспектами системного впровадження енергоефективних заходів, технологій та матеріалів у будівельне виробництво. Тут порушуються питання нормативних вимог енергоефективності у будівництві, встановлення енергозберігаючих систем опалення, теплопостачання, водопостачання, електропостачання й вентиляції у нових та старих будинках, питання сертифікації й енергоаудиту, а також комплексного підвищення енергоефективності уже наявного житлового фонду.

Для можливості порівняння змісту й відсоткового співвідношення тематичного наповнення тренінгових курсів на рисунках 7, 8 та 9 приведено діаграми та укрупнений склад лекційних програм для цільових аудиторій (А), (В) та (С) відповідно.



Рис. 7. Склад лекційних програм для робітників-будівельників (А)

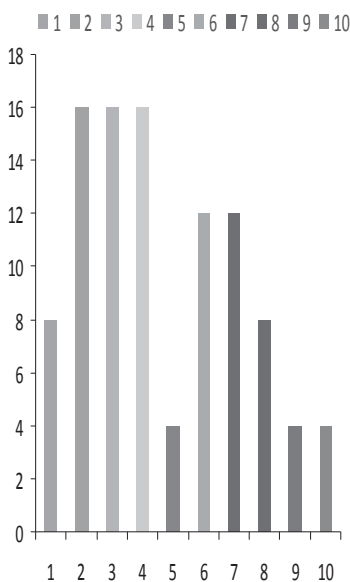


Рис. 8. Склад лекційних програм для висококваліфікованих та провідних спеціалістів (В)

1. Методологічні основи проектування енергоефективних будівель. (2 години)
2. Принципи проектування енергоефективних будинків. (4 години)
3. Інженерні розрахунки енергоефективних конструкцій. (4 години)
4. Сучасні комп'ютерні системи автоматизованого проектування енергоефективних будинків. (4 години)
5. Вступ до ліцензування будівної діяльності та погодження проектної документації в контексті енергоефективних будинків та споруд. (1 година)
6. Вибір джерела теплопостачання. (3 години)
7. Використання альтернативної енергії при проектуванні сучасних будівель та споруд. (3 години)
8. Вибір, проектування і монтаж енергоефективних систем опалення та гарячого водопостачання. (2 години)
9. Проектування та встановлення енергоефективних систем вентиляції внутрішніх приміщень будівлі. (1 година)
10. Будинок близький до нульового енергоспоживання як комплексне поєднання ефективних рішень огорожувальної оболонки, інженерних мереж, глибокої утилізації вторинних енергоресурсів, що об'єднані інтелектуальною системою контролю та управління мікроклімату. (1 година)

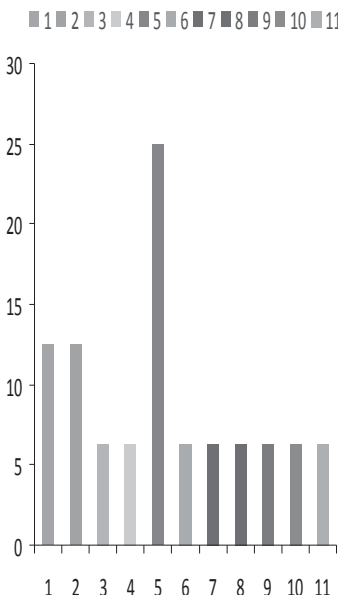


Рис. 9. Склад лекційних програм для осіб, які не є професійними будівельниками, однак наділені повноваженнями щодо прийняття ключових рішень (С)

1. Нормативна база енергоефективності у будівництві. (2 години)
2. Проектування й встановлення енергоефективних систем опалення та теплопостачання. (2 години)
3. Енергоефективні аспекти проектування систем електропостачання. (1 година)
4. Втілення заходів з підвищення енергоефективності у системах газопостачання та водопостачання сучасних будівель. (1 година)
5. Підвищення ефективності експлуатації існуючих будівель та споруд. (4 години)
6. Автоматизовані системи регулювання споживання енергоресурсів й контролю параметрів мікроклімату будинку. (1 година)
7. Сертифікація зеленого будівництва. (1 година)
8. Енергоаудит будівель. (1 година)
9. Види і схеми інвестування та підтримки енергоефективного будівництва. (1 година)
10. Джерела теплопостачання, диверсифікація та децентралізація джерел енергії. Альтернативна енергетика. (1 година)
11. Будинок близький до нульового енергоспоживання, як комплексне поєднання ефективних рішень теплової оболонки й інженерних систем, що об'єднані інтелектуальною системою контролю та управління мікроклімату. (1 година)

Станом на сьогодні ведеться активна розробка лекційних та практичних учбових матеріалів для проведення тренінгових курсів спільними зусиллями ІМР, КНУБА та компаній-партнерів Проекту. Проектуються демонстраційні моделі та ведуться переговори з новими потенційно зацікавленими в участі у Проекті сторонами.

**Висновки та перспективи.** Очевидно, що імплементація завдань Проекту та створення Центру має скласти вагомий інформаційно-освітній внесок у єдину стратегію розвитку наукового й міжнародного потенціалу КНУБА, як провідного вищого навчального державного закладу в галузі будівництва і архітектури. Окрім того, ідея поширення знань з ефективного використання енергоресурсів у будівельному та житлово-комунальному секторах повністю співпадає з державними прагненнями на законодавчому та нормотворчому рівнях. Відбувається постійне залучення нових учасників Проекту до процесу створення Центру й наповнення його інформаційної та матеріально-технічної баз. Найближчим часом розпочнеться набір перших груп слухачів майбутніх тренінгових курсів.

## Література

1. *Пірков В. В.* Презентаційні матеріали семінару: «Енергоефективність інженерних систем будівель. Термомодернізація» компанії ТОВ з ІІ «ДАНФОСС ТОВ» (від 24.03.2016 р.)
2. *Тормосов Р. Ю.* «Інформаційний інженерно-будівельний центр знань» по підготовці спеціалістів зі зведення будівель близьких до нульового енергоспоживання: передумови, концепція та мета створення / *Р. Ю. Тормосов, В. І. Скочко* // Буд-Майстер-Клас. – К. : КНУБА, 2015. – Вип. 1.
3. ДСТУ EN 15232:2014 «Енергоефективність будівель. Вплив автоматизації, моніторингу та управління будівлями»
4. ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014 «Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків».
5. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 «Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки та енергетичної сертифікації будівель».
6. ДСТУ ISO 50001:2014 «Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання».
7. ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні».
8. Директива 2010/30/ЄС «Про вказування за допомогою маркування та стандартної інформації про товар обсягів споживання енергії та інших ресурсів енергоспоживчими продуктами».
9. Директива 2010/31/ЄС «Про енергоефективність будівель (EPBD)».
10. Директива 2006/32/ЄС «Про ефективність кінцевого використання енергії та енергетичні послуги (з 25.10.2012 EED 2012/27/ЄС Про енергоефективність)»



11. Угода про асоціацію між Україною та ЄС. Стаття 56 Зближення технічного регулювання, стандартів та оцінки відповідності.

12. Закон України «Про внесення змін до Бюджетного кодексу України щодо запровадження нових інвестиційних можливостей, гарантування прав та законних інтересів суб'єктів підприємницької діяльності для проведення масштабної енергомодернізації».

13. Закон України «Про запровадження нових інвестиційних можливостей, гарантування прав та законних інтересів суб'єктів підприємницької діяльності для проведення масштабної енергомодернізації».

14. Проект Закону України «Про енергоефективність будівель».

15. Проект Закону України «Про комерційний облік теплової енергії та води у сфері теплопостачання, централізованого постачання холодної (питної) та гарячої води».

### **НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ЦЕНТР ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЙ ЗДАНИЙ БЛИЗКИХ К НУЛЕВОМУ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЮ КНУБА: ЭТАПЫ ОСНОВАНИЯ И ТРЕНИНГОВЫЕ ПРОГРАММЫ**

*Тормосов Р. Ю., Скочко В. И.*

Раскрыты основные аспекты и этапы создания «Научно-образовательного центра проектирования и исследований зданий близких к нулевому энергопотреблению Киевского национального университета строительства и архитектуры». Описано специфику учебных подходов, а также лекционных и практических программ тренинговых курсов, которые планируется начать проводить в КНУСА осенью 2016.

### **SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL CENTER FOR ARCHITECTURAL DESIGNING AND RESEARCH OF NEARLY ZERO ENERGY BUILDINGS OF THE KNUCA: STAGES OF ESTABLISHMENT AND TRAINING PROGRAMS**

*Ruslan U. Tormosov, Volodymyr I. Skochko*

This article covers the main aspects and stages of development of "Scientific and Educational Center for Architectural Designing and Research of Nearly Zero Energy Buildings of the Kyiv National University of Construction and Architecture". The specificity of educational approaches, as well as lectures and practical programs of training courses, which are scheduled to begin in KNUCA in autumn 2016, are described.

**СИСТЕМА СЕРТИФІКАЦІЇ – НОВІ РЕАЛІЇ УКРАЇНИ**<sup>1</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна<sup>2</sup>ГО «ЕКО-Україна»

*В роботі визначено роль і значення «зеленого будівництва», що включає енергоефективність, створення здорового внутрішньобудинкового клімату екологічного та доступного житла. Розглянуто розвиток системи сертифікації в зарубіжних країнах.. Наведено критерії сертифікації «зеленого будівництва»: екологічний, функціональний, технічний, економічний, місцезнаходження, що забезпечує обумовлені в програмних документах ООН завдання з енергозбереження. Звертається увага на економічні вигоди від впровадження нормативного регулювання застосування екологічних стандартів в Україні.*

**Постановка проблеми.** Сьогодні в Україні важливою та невирішеною проблемою є забезпечення населення житлом з урахуванням факторів доступності та екологічності. Ця проблема є однією з найбільш важливих для розвитку суспільства, оскільки призводить до зниження рівня життя населення, поширення бідності, зростання міграції, депопуляції населення та погіршення якості людських ресурсів в цілому [1, 2].

Вимагають поглибленого вивчення питання здійснення діагностики житлових умов у розрізі регіонів, аналізу житлового фонду, виявлення і встановлення екологічних загроз для житлового фонду, розташованого в конкретному місці, та уникнення на основі цього ризиків можливої захворюваності й загибелі населення за допомогою виважених заходів державної політики житлового будівництва. Основним інструментом оцінки при такому підході є прийнятна в усьому світі система сертифікації.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Намагались обґрунтувати необхідність екологічної сертифікації в будівництві ряд вітчизняних та зарубіжних вчених, такі як: Вахович І. В., Беленкова О. Ю., Журба А. О., Кожарінова А. В., Савицький М. В., Прімак Л. В., Цифра Т. Ю., Dirk Mangold, Baylon D., Herrera S., Rob Watson, Vonneida V., Storm P. Наразі в Україні існують та створюються ряд громадських організацій, що пропагують і сповідують принципи «зеленого будівництва», «пасивного будинку», енергозбереження, але жодна з них так і не представила єдиного підходу до розробки системи сертифікації.

Намагається зробити це Громадська організація «Еко-Україна». Пріоритетним напрямом діяльності, якої є проведення сертифікації об'єктів нерухомості на відповідність стандартам енергозбереження та екології з метою виправлення колосальних управлінських помилок минулого і недопущення

прорахунків в майбутньому на енергетичному та екологічному ринках України[3]

**Формулювання цілей та завдання статті.** Зважаючи на вище сказане, визначимо види сертифікації; **принципи «зеленого будівництва»**; завдання сертифікації,

**Основна частина.** Аналіз досліджень зарубіжних авторів з питань сертифікації будівель і будівельних підприємств дозволяє авторам виділити наступні види сертифікації [3]:

1) За ознакою приналежності:

- Добровільна система сертифікації;
- Обов'язкова система сертифікації.

2) За видом об'єкту сертифікації:

- Будівельних підприємств (замовник, девелопер)
- Будівельних проектів
- Житлово-комунальних підприємств
- Об'єктів незавершеного будівництва
- Будівельних матеріалів, конструкцій, виробів, обладнання та

устаткування.

3) За міжнародними системами сертифікації:

- DGNB,
- HQE;

- стандарт «зелених» будівель BREEAM (спирається на Єврокоди, британські стандарти і локальні норми);

- стандарт LEED (спирається на американські стандарти ASTM, ASHRAE).

4) За відповідальність виконавців робіт чи надавачів послуг:

- добровільної сертифікації відповідальних виконавців дотримуючись вимог міжнародних компаній (Сертифікат архітектора широкого профілю (BEA) – США. сертифікат інженера-консультанта FIDIC, Європейський паспорт інженера (EngineerING Card). та українського законодавства (професійна атестація відповідальних виконавців окремих видів робіт (послуг), пов'язаних із створенням об'єктів архітектури (далі – Виконавці), – архітекторів, інженерів-проектувальників, інженерів технічного нагляду та експертів).

Екологічне житло відповідає вимогам ефективного мінімального використання енергії, палива, газу, води та будівельних матеріалів і скороченням впливу на навколишнє природне середовище при одночасному збереженні і підвищеній якості будівлі та комфортності його внутрішнього середовища на всіх стадіях життєвого циклу будівлі. [4]. В Європі та США сьогодні сповідують принципи сталого розвитку. Основною якого є «зелене будівництво» – система заходів, спрямованих на збільшення ефективності використання природних ресурсів з одночасним зменшенням негативного впливу будівель на навколишнє середовище та на життєдіяльність людини, протягом циклу будівництва та обслуговування будівель [4 – 6].

Основними принципами «зеленого будівництва» є:

- підвищення ефективності використання природних ресурсів і виробництва власної теплової та електричної енергії;
  - максимальне використання сонячної енергії та денного світла;
  - стимулювання використання відновлювальних джерел енергії;
  - реалізація політики енергоефективності та енергозбереження відповідно до міжнародних стандартів;
  - вибір оптимального місця, включення будови в загальну інфраструктуру середовища і транспорту;
  - обов'язковість обліку природних, зокрема паливно-енергетичних ресурсів, що споживаються;
  - підвищення якості водопостачання та можливість повторного використання води;
  - покращення якості повітря в приміщеннях;
  - покращення теплоізоляції, використання нешкідливих теплоізоляційних матеріалів;
  - зниження вмісту твердих відходів в процесі майбутнього зносу або демонтажу будівлі;
  - підвищення функціональності будівлі;
  - урахування міжнародного досвіду розвитку зеленого будівництва.
- Завданнями «зеленого будівництва» є:
- зменшення експлуатаційних витрат;
  - зниження обсягів утворення відходів та підвищення ефективності утилізації відходів;
  - підвищення ефективності використання природних ресурсів;
  - забезпечення безпеки і зменшення негативного впливу на здоров'я людини під час перебування в офісній будівлі;
  - зменшення викиду в атмосферу газів, що спричиняють парниковий ефект;
  - попередження повеней та зсувів ґрунту;
  - збільшення частки відновлювальних джерел енергії при експлуатації та обслуговуванні будівель .

Сертифікація об'єктів «зеленого будівництва» (нового) ставить перед собою такі завдання:

- зниження негативного впливу будівлі на навколишнє середовище;
- заохочення дотримання стандартів зеленого будівництва;
- забезпечення достовірного екологічного та функціонального опису будівлі;
- стимулювання будівництва будівель, які відповідають стандартам зеленого будівництва.

Які переваги дає сертифікація по зеленим стандартам?

Для кожної категорії переваги свої:

- *для орендаря* це можливість створити більш комфортне середовище для жителів та співробітників, збільшити продуктивність праці, заощадити на

експлуатаційних витратах, зміцнити репутацію на ринку і внести вклад в корпоративну соціальну відповідальність;

- для *девелопера* маркетингова перевага на ринку, можливість швидше здати (продати) будівлі, підвищити ставку капіталізації, залучити додаткове фінансування, забезпечити будівлі стабільний і платоспроможний потік мешканців та орендарів.

- для *інвестора* насамперед знижує ризики морального старіння активу, збільшення гарантійного терміну і покращує корпоративний імідж.

- для *архітекторів, проектувальників, інженерів і підрядників* участь в проекті, що сертифікується за міжнародними стандартами, – це незалежне міжнародне підтвердження їх компетенції, якості проектних рішень і додаткову конкурентну перевагу;

- для *держави* стандарти екологічного будівництва є важелем по впровадженню інноваційних технологій і підтримкою реалізації природоохоронного законодавства, а також ринковим механізмом щодо поліпшення якості навколишнього середовища.

У Росії нога в ногу йдуть LEED і BREEAM, але BREEAM з невеликим випередженням (всього два об'єкти нового будівництва були сертифіковані за LEED в Росії). Пов'язано таке положення з гнучкістю стандарту і адаптивністю до місцевих норм і практики будівництва. Саме тому російські СРО розробили власний Національний стандарт «Рейтингова система оцінки стійкості довкілля» та СТО НОСТРО 2.35.68-2012 «Зелене будівництво». Будівлі житлові і суспільні. Облік регіональних особливостей в рейтинговій системі оцінки стійкості довкілля». Дані стандарти включають основні положення LEED, BREEAM, російських ГОСТів, СніПов і навіть враховують регіональні особливості клімату та енергетичної структури місця зведення об'єкта, але, як уже було сказано вище, успіх цих стандартів буде багато в чому залежати саме від рівня державної підтримки. Перший «розумний» будинок в Москві KNIGHTSBRIDGE PRIVATE PARK, якість якого підтверджується авторитетним міжнародним сертифікатом BREEAM, (компанія «Реставрація Н» девелопер проекту) встановив нові стандарти на столичному девелоперському ринку, де «Зелене будівництво – це не просто філософія і здоровий спосіб життя, а перш за все, гарантована якість об'єктів нерухомості».

Іншим прикладом є зведений в Естонії 13-поверховий бізнес-центр на сонячних батареях Bernhard Schmidt, який розраховує отримати золотий сертифікат LEED у першому півріччі 2016 року, що покликаний підтвердити екологічність, безпеку і високий рівень економії енергії в будівлі [6].

Сертифікація зеленого будівництва передбачає відповідність таким критеріям:

- екологічний критерій, що включає в себе прораховані з урахуванням досвіду міжнародних методик обсяги антропогенних викидів парникових газів, показники впливу на озоновий шар, показники внутрішніх мікрокліматичних параметрів будівлі, показники якості та ефективності використання питної води в системі водопостачання та умови водовідведення,

використання площі зовнішньої поверхні, показники утворення, сортування та утилізації відходів;

- економічний критерій, що включає в себе обсяг витрат пов'язаних з експлуатацією будівлі, показники енергоефективності будівлі;

- функціональний критерій, що включає в себе теплотехнічні показники будівлі в зимовий та літній періоди, акустичні показники, показники природного та штучного освітлення, вентиляції, кондиціонування повітря, показники температури та інсоляції, показник доступності для користувачів, показники доступності виконання змін;

- технічний критерій, що включає в себе показник пожежної безпеки, показник шумового впливу, рівень вологості повітря в приміщенні, показник зручності прибирання та обслуговування будівлі, показники вмісту твердих відходів в процесі зносу або демонтажу будівлі;

- критерій місцезнаходження, що включає в себе показник ступеню ризиків пов'язаних з місцезнаходженням, показники транспортних зв'язків, показники розвитку інфраструктури, умови місцезнаходження.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Отже, впровадження добровільної системи сертифікації в Україні буде сприяти будівництву, експлуатації більш кращого житла за функціональністю, доступністю та екологічністю. Подальшими етапами є розробка Правил та Програми проведення сертифікації об'єктів.

## Література

1. Обзор осуществления программы работы на 2010-2011 годы: доступное, безопасное, экологическое жилье / Материалы 71 сессии ЕЭК ООН, – Женева, 20–21 сентября 2010.

2. *Заславець Т. М.* Сучасні тенденції житлового будівництва у містах України / *Т. М. Заславець*. // Перспективні напрямки проектування житлових та громадських будівель. – К. : Київ ЗДНІЕП, – (спеціальний випуск). 2004. – С. 16–20.

3. ГО «ЕКО-УКРАЇНА» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://econeegs.com/mainpage/o-nas.html>. – Назва з екрану.

4. Міжнародний досвід і міжнародне співробітництво у сфері охорони навколишнього природного середовища. Екологічне виховання населення [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://ecology-lessons.iatp.org.ua/lessons/9.htm>. – Назва з екрану.

5. *Вахович І. В.* Звіт НДР «ПРОВЕДЕННЯ АНАЛІЗУ ТА РОЗРОБЛЕННЯ ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЖИТЛА У ЧАСТИНІ ДОСТУПНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНОСТІ» / *І. В. Вахович, Т. Ю. Цифра та ін.*

6. Досвід Естонії [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.biznews.com.ua/v-estonii-postroili-etazhnyy-biznes-tsentr-na-solnechnykh-batareyah/>. – Назва з екрану.

## **СИСТЕМА СЕРТИФІКАЦІЇ – НОВІ РЕАЛІЇ УКРАЇНИ**

*Цифра Т. Ю., Деркач Є. В.*

В работе определены роль и значение «зеленого строительства» включающий энергоэффективность, создание здорового внутридомового климата экологического и доступного жилья. Рассмотрено развитие системы сертификации в зарубежных странах. Приведены критерии сертификации «зеленого строительства»: экологический, функциональный, технический, экономический, местонахождения, что обеспечивает оговоренные в программных документах ООН задачи по энергосбережению. Обращается внимание на экономические выгоды от внедрения нормативного регулирования применения экологических стандартов в Украине.

## **CERTIFICATION SYSTEM – NEW REALITIES OF UKRAINE**

*T. Tsyfra, E. Derkach*

The role and importance of «green building» including energy efficiency, the creation of a healthy in-house climate, ecological and affordable housing. We consider the development of a certification system in foreign countries. Results of certification criteria for «green building»: ecological, functional, technical, economic, location, providing stipulated in the policy documents of the UN targets for energy efficiency. Attention is paid to the economic benefits of the introduction of the regulatory application of environmental standards in Ukraine.

## **РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ РОЗСАДНИХ ВІДДІЛЕНЬ ТЕПЛИЦЬ**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

*Робота присвячена вирішенню питань ефективності використання енергетичних ресурсів для розсадних відділень із запропонованою системою децентралізованого забезпечення мікроклімату в зоні росту розсади в порівнянні з традиційною технологією вирощування.*

**Постановка проблеми.** Однією з гострих проблем сектора агропромислового комплексу України є розвиток тепличних господарств. В умовах постійного росту цін на енергоносії, постає питання щодо удосконалення конструктивних рішень теплиць з метою скорочення витрат теплоенергоресурсів і зниження питомих витрат матеріалів, підвищення врожайності та якості вирощеної продукції, застосування нових прогресивних агротехнологій.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Для виконання поставленої мети, скористаємося досвідом експлуатації розсадних відділень тепличного господарства з традиційною технологією вирощування розсади [1, 2].

**Формулювання цілей та завдання статті.** Проаналізувати доцільність проведення енергоефективних заходів та визначити напрямки скорочення енергоспоживання, розробити організаційні та технологічні рішення спрямовані на забезпечення енергоощадності культиваційних споруд на прикладі розсадних відділень. Проаналізувати існуючі методи вирощування розсади та системи забезпечення необхідних параметрів мікроклімату розсадних відділень теплиць та їх енергетичні характеристики.

Вирішення питань енергозбереження потребує оцінювання ефективності використання енергетичних ресурсів. Для визначення енергетичних і економічних показників роботи розглядаємо та порівнюємо витрати розсадного відділення з традиційною технологією вирощування розсади і запропонованого розсадного відділення з системою децентралізованого забезпечення мікроклімату в зоні росту розсади.

### **Основна частина.**

*Основні показники розсадних відділень з традиційною технологією вирощування розсади*

Площа розсадного відділення 0,5 га (5280 м<sup>2</sup>). Місце розташування – Київська область. Розсада вирощується в горщиках, загальний вихід розсади за 1 оборот складає 115000 рослин. Термін вирощування розсади 35-40 днів.

Огородження теплиці одинарне скло товщиною 4 мм по металевим шпросам. Основною конструктивною характеристикою теплиць є коефіцієнт



огородження, від якого залежать тепловтрати та необхідна потужність системи опалення [3, 4].

Коефіцієнт огороження визначаємо за формулою:

$$\eta_{огор.} = \frac{F_o}{F_{зр.}} \quad (1)$$

де  $F_o$  - сумарна площа поверхні огороження,  $m^2$ ;

$$F_o = nB(H + H^k) + 2HL + 2nCL = nB(H + H^k) + 2L(H + nC) \quad (2)$$

$F_{зр.}$  - площа ґрунту теплиці,  $m^2$ ,

$$F_{зр.} = nBL \quad (3)$$

де  $B$  - ширина блоку теплиці,  $m$ ;  $L$  - довжина блоку теплиці,  $m$ ;

$n$  - кількість блоків, шт.

Розрахункова потужність системи опалення розсадного відділення визначається за формулою:

$$Q_{опал.} = k(t_{вн.} - t_{зов.})\eta_{огор.}\eta_{инф.}F_{зр.} \quad (4)$$

де  $Q_{опал.}$  - розрахункова потужність системи опалення,  $Вт$ ;

$k$  - коефіцієнт теплопередачі,  $\frac{Вт}{m^2 \times ^\circ C}$ ;

$t_{вн.}, t_{зов.}$  - розрахункова температура внутрішнього і зовнішнього повітря,  $^\circ C$ ;

$\eta_{инф.}$  - коефіцієнт інфільтрації. Для скляних теплиць приймають  $\eta_{инф.} = 1,25 \dots 1,3$ .

Для розсадного відділення блокової теплиці розрахункова потужність системи опалення складатиме:

$$Q_{опал.} = k(t_{вн.} - t_{зов.}) \frac{nBH + nBH^k + 2LH + 2nLC}{nBL} \eta_{инф.} nBL \quad (5)$$

Отже,

$$Q_{опал.} = 6,4 \times [25 - (-22)] \frac{(11 \times 6,4 \times 2,5) + (11 \times 6,4 \times 3,9) + (2 \times 75 \times 2,5) + (2 \times 11 \times 3,52)}{11 \times 6,4 \times 75} \times 1,3 \times 11 \times 6,4 \times 75 = 2580864 \text{ Вт} = 2,58 \text{ МВт}$$

Визначаємо середню температуру зовнішнього повітря за період вирощування розсади.

Середня температура зовнішнього повітря за період вирощування розсади визначається за формулою:

$$t_{ср.} = \frac{\sum t_{ср.м.} \times n_i}{\sum n_i} \quad (6)$$

де  $t_{ср.м.}$  - середня по місяцях температура зовнішнього повітря,  $^\circ C$ ;

$n_i$  - кількість днів в місяці.

$$t_{\text{ср.}} = \frac{(1,2 \times 30) + (-3,5 \times 31) + (-5,9 \times 31) + (-5,2 \times 28) + (-0,4 \times 31) + (7,5 \times 30)}{30 + 31 + 31 + 28 + 31 + 30} = \\ = \frac{-188,4}{181} = -1,04 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Середні витрати теплоти під час вирощування розсади в теплиці знаходимо за формулою (4):

$$Q_{\text{опал.}} = 6,4 \times [22 - (-1,04)] \frac{(11 \times 6,4 \times 2,5) + (11 \times 6,4 \times 3,9) + \\ + (2 \times 75 \times 2,5) + (2 \times 11 \times 3,52)}{11 \times 6,4 \times 75} \times 1,3 \times 11 \times 6,4 \times 75 = 1265172,48 \text{ Bm} = 1,27 \text{ MBm}$$

Загальні витрати теплоти за весь період вирощування розсади складають:

$$Q_{\text{заг.опал.}} = 1,27 \times 24 \times 181 \times 0,86 = 4744,52 \text{ Гкал.}$$

Середня питома витрата теплової енергії на одну рослину визначається за формулою:

$$q = \frac{Q_{\text{заг.опал.}}}{N} \quad (7)$$

де  $N$  – кількість розсади за весь період вирощування, рос.,  
 $N_{\text{тр}} = 115000 \times 6 = 690000$  рослин.

За формулою (7) знаходимо середню витрату теплової енергії на одну рослину в традиційних розсадних відділеннях:

$$q_{\text{тр}} = \frac{4744,52}{690000} = 0,0069 \text{ Гкал/рос.}$$

*Основні показники розсадних відділень з застосуванням міні-теплиць з системою децентралізованого забезпечення мікроклімату*

Міні – теплиці встановлені в теплиці площею 0,5 га. Площа однієї міні-теплиці складає 1,92 м<sup>2</sup>. Розсада вирощується в касетах чарункового типу розміром 600×400. Загальний вихід розсади за 1 оборот 300000 рослин. Температуру внутрішнього повітря в теплиці, де встановлені міні-теплиці, приймаємо твн. = 12<sup>0</sup>С.

Середні витрати теплоти в теплиці, де встановлені міні – теплиці, за період вирощування розсади визначаємо за формулою (4):

$$Q_{\text{опал.}} = 6,4 \times [16 - (-1,04)] \frac{(11 \times 6,4 \times 2,5) + (11 \times 6,4 \times 3,9) + \\ + (2 \times 75 \times 2,5) + (2 \times 11 \times 3,52)}{11 \times 6,4 \times 75} \times 1,3 \times 11 \times 6,4 \times 75 = \\ = 93570,48 \text{ Bm} = 0,94 \text{ MBm}$$

Витрати теплової енергії теплиці, де встановлені міні- теплиці, за весь період вирощування розсади складають:

$$Q_{\text{заг.опал.}} = 0,94 \times 24 \times 181 \times 0,86 = 3511,69 \text{ Гкал.}$$

Витрата тепла на опалення однієї міні-теплиці визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{опал.}} = k \times (t_{\text{вн.}} - t_{\text{зов.}}) \times [(2 \times b \times h) + (2 \times b \times h) + (l \times b)] \times \eta_{\text{инф.}} \quad (8)$$

де  $b, h, l$  – відповідно ширина, висота та довжина міні – теплиці, м.

Одже,

$$Q_{\text{опал.м.т.}} = 10 \times (22 - 15)(2 \times 1,2 \times 0,6) + (2 \times 1,6 \times 0,6) + (1,2 \times 1,6) \times 1,3 = \\ = 411,84 \text{ Bm}$$

Враховуючи те, що в теплиці площею 0,5 гектара можливо розмістити міні-теплиці загальною площею 2534,4 м<sup>2</sup>, то витрати тепла на опалення всієї площі міні-теплиць складатимуть:

$$Q_{\text{заг.м.т.}} = \frac{2534,4}{1,92} \times 411,84 = 543628,8 \text{ Bm} = 0,54 \text{ MBm}$$

Загальні витрати тепла за весь період вирощування розсади в міні-теплицях складатимуть:

$$Q_{\text{опал.м.т.}} = 0,54 \times 24 \times 181 \times 0,86 = 2017,4 \text{ Гкал.}$$

Тоді, середня питома витрата теплової енергії на одну рослину в розсадних міні – теплицях за формулою (7) складають:

$$q_{\text{нов}} = \frac{2017,4}{1800000} = 0,0011 \text{ Гкал/рос.}$$

Отже, за період вирощування розсади використання нової технології вирощування дозволить зменшити загальні витрати тепла на опалення основної тепличної споруди на 1232,83 Гкал, при цьому середня питома витрата теплової енергії на одну рослину зменшиться на 0,0058 Гкал.

#### *Основні енергетичні, технологічні і економічні показники*

Згідно з діючими нормативними документами узагальненим показником економічної ефективності технічного рішення є приведені витрати, які враховують, як капітальні витрати, так і витрати на експлуатацію.

Загальні приведені витрати базового та нового варіантів розсадних відділень теплиць визначають за формулою:

$$П = E_n \cdot C + E, \quad (9)$$

де  $E_n$  – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капіталовкладень;  $C$  – сума необхідних капіталовкладень, грн;  $E$  – сума експлуатаційних витрат, грн/рік.

Нормативний коефіцієнт економічної ефективності  $E_n$  – величина зворотня до періоду окупності  $T$ .

Термін окупності капіталовкладень визначається як відношення додаткових капіталовкладень до економії експлуатаційних витрат нового та базового варіантів:

$$T = \frac{C_2 - C_1}{E_1 - E_2} \quad (10)$$

де  $C_1$  – капітальні витрати базового варіанта, грн;  $C_2$  – капітальні витрати нового варіанта, грн;  $E_1$  – експлуатаційні витрати базового варіанта, грн;  $E_2$  – експлуатаційні витрати базового варіанта, грн.

Капітальні витрати на будівництво розсадних відділень теплиць визначається за обсягами будівельно – монтажних робіт та розцінками на їх виконання (кошторисною вартістю).

Експлуатаційні витрати для розсадних відділень складаються з щорічних витрат на теплову та електричну енергію, заробітну плату тепличниць та технічного персоналу, амортизаційні відрахування, поточний ремонт та загальні додаткові витрати, грн./рік.

$$E = E_m + E_{el} + E_{з/н} + E_{ам} + E_{рем} + E_{доод}, \quad (11)$$

де  $E_m$  – річні витрати на теплову енергію, грн./рік;  $E_{el}$  – річні витрати на електроенергію, грн./рік;  $E_{з/н}$  – річна заробітна плата тепличниць та технічного персоналу, грн./рік;  $E_{ам}$  – амортизаційні відрахування, грн./рік;  $E_{рем}$  – річні витрати на поточний ремонт, грн./рік;  $E_{доод}$  – загальні додаткові витрати, грн./рік.

Річні витрати на теплову енергію складають, грн./рік.:

$$E_m = Q_p \times \cdot C_m, \quad (12)$$

де  $Q_p$  – річна витрата теплової енергії на опалення розсадних відділень теплиць, Гкал/рік,  $C_m$  – вартість одиниці теплової енергії для даного тепличного комбінату, грн./Гкал.

Визначення витрат на електроенергію, грн./рік.:

$$E_{el} = N_p \times B_{el}, \quad (13)$$

де  $N_p$  – річна витрата електроенергії, кВт·год/рік;  $B_{el}$  – вартість електроенергії за 1 кВт·год, грн.

Для тепличних комбінатів встановлено 3 тарифи вартості електроенергії, відповідно витрати на електроенергію для диференційованого тарифу складатимуть, грн/рік.:

$$E_{el.} = \sum_{i=1}^n N_p^i \cdot B_{el}^i. \quad (14)$$

де  $N_p^i$  – витрати електричної енергії під час дії  $i$ -того тарифу на електроенергію, кВт·год./рік.;  $B_{el}^i$  – вартість електроенергії згідно  $i$ - того тарифу, 1кВт·год/грн;  $m$  – кількість тарифів вартості електроенергії,  $m = 3$ .

Для систем водяного опалення розсадних відділень витрати на електроенергію складатимуть витрати на забезпечення циркуляції теплоносія в системі обігріву. Річна витрата електроенергії для циркуляції теплоносія насосами розраховується за формулою:

$$N_p = 24 \cdot \eta \cdot N_{нас.} \cdot n \cdot 10^{-3}, \text{ тис.кВт/рік.}, \quad (15)$$

де  $N_{нас.}$  – установочна потужність циркуляційних насосів, кВт;  $\eta$  – коефіцієнт корисної дії насосів;  $n$  – тривалість експлуатації насосів, дбб.

Витрати на заробітну плату складаються із річного фонду заробітної плати тепличниць та технічного персоналу та нарахувань по соціальному страхуванню, грн./рік.:

$$E_{з/н} = 12 \sum N \cdot a \cdot k_1 \quad (16)$$

де  $\sum N$  – загальна кількість тепличниць та технічних робітників, чол.;  $a$  – місячна заробітна плата обслуговуючого персоналу з урахуванням преміальних, грн.;  $k_1$  – відрахування на соціальне страхування, %.

Амортизаційні відрахування визначаються за формулою, грн./рік.:

$$E_{ам.} = \frac{C \cdot A_{ам.}}{100} \quad (17)$$

де  $C$  – капітальні витрати, грн.;  $A_{ам.}$  – норма амортизаційних відрахувань, %.

Витрати на поточний ремонт складають 20% від амортизаційних відрахувань, грн./рік.:

$$E_{\text{рем.}} = 0,2 E_{\text{ам.}} \quad (18)$$

Загальні додаткові витрати складають до 30% від суми витрат на заробітну плату обслуговуючого персоналу, на поточний ремонт та амортизаційні відрахування, грн./рік.:

$$E_{\text{доп.}} = 0,3 (E_{\text{з/п.}} + E_{\text{ам.}} + E_{\text{рем.}}) \quad (19)$$

Результати техніко – економічного розрахунку наведено на діаграмі рис.1.

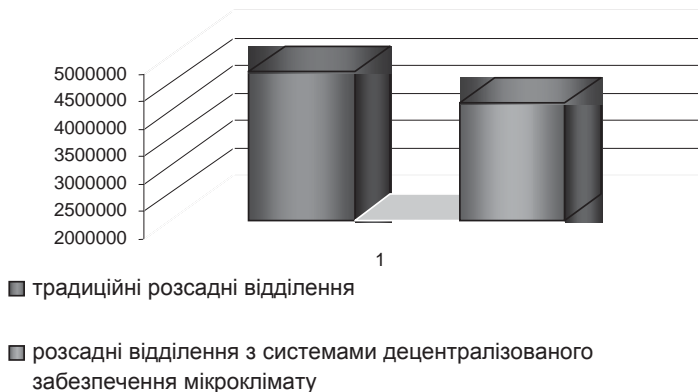


Рис.1. Діаграма результатів техніко – економічних розрахунків.

### Висновки.

1. Визначені і висвітлені переваги впровадження системи децентралізованого забезпечення мікроклімату розсадних відділень в порівнянні з традиційними розсадними відділеннями тепличних комбінатів.

2. Запропонована система децентралізованого забезпечення мікроклімату при використанні в розсадних відділеннях теплиць площею 0,5 га з водяною системою опалення дозволить зменшити металоємність системи опалення, при цьому економія металевих труб складе понад 4500п.м.

3. Очікується, що впровадження запропонованої системи дозволить зменшити в 1,3 раза витрати теплової енергії на опалення 1 м<sup>2</sup> розсадного відділення. При цьому, на площі 0,5 га за весь період вирощування розсади буде заощаджено біля 180 тис.м<sup>3</sup> природного газу.

4. Впровадження запропонованої системи децентралізованого забезпечення мікроклімату дасть змогу знизити загальні теплові витрати на 30%.

5. Важливим є те, що запропонована система створює сприятливі умови росту рослин, не залежно від зовнішніх чинників, зменшує захворюваність та покращує культуру виробництва.

6. Впровадження системи децентралізованого забезпечення мікроклімату дозволить зменшити термін вегетації розсади на 3-5 днів за рахунок стабільного температурно-вологісного режиму в робочому об'ємі, а багаторівне розміщення міні – теплиць збільшить вихід розсади з 1 м<sup>2</sup> корисної площі теплиці в 2 – 3 рази в залежності від кількості ярусів.

### **Література**

1. *Барабаш О. Ю.* Розсада овочевих культур / *О. Ю. Барабаш, В. В. Хареба, С. Т. Гутиця.* – К. : Вища школа, 2002. – с. 46.
2. *Барабаш О. Ю.* Вирощування розсади / *О. Ю. Барабаш, В. В. Хареба //.* – К. : Знання, 1991. – с.4–40.
3. ДБН В.2.2 – 2 – 95. Державні будівельні норми “Теплиці та парники” / *О. Ф. Омельченко, П. П. Іваненко, В. П. Яковенко та ін.* – К. : Укрбудінформ, 1996. – 20 с.
4. ВНТП СГП-46-19-96. Відомчі норми технологічного проектування “Тепличні і оранжерейні підприємства. Споруди захищеного ґрунту для фермерських (селянських) господарств”/ *П. П. Іваненко, А. П. Лисенко, В. П. Мельниченко та ін.* – К. : Мінсільгоспруд, 1996. – 79 с.

### **РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАССАДНЫХ ОТДЕЛЕНИЙ ТЕПЛИЦ**

***Чепурная Н. В., Кириченко М. А., Чепурной В. В.***

Работа посвящена решению вопросов эффективности использования энергетических ресурсов для рассадных отделений теплиц с предложенной системой децентрализованного обеспечения микроклимата в зоне роста рассады по сравнению с традиционной технологией выращивания.

### **CALCULATION OF ECONOMIC EFFICIENCY OF APPLICATION SOFTWARE MICROCLIMATE DECENTRALIZED OFFICES GREENHOUSES FOR SEEDLING**

***N. Chepurna, M. Kyrechenko, V. Chepurnoy***

The work is devoted to solving issues of energy efficiency for seedlings department of the proposed decentralized system providing a microclimate in the area of seedling growth, compared with the traditional cultivation technology.

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНИХ ГЕЛІОСИСТЕМ ДЛЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

*Проаналізовано сучасний стан впровадження відновлювальних джерел енергії у системи теплопостачання. Показано, що використання комбінованого геліоколектора у системах сонячного теплопостачання дозволяє підвищити їх ефективність та спростити конструкцію. Отримано графічні залежності зміни ефективності комбінованого геліоколектора впродовж експерименту. Досліджено зміну ККД комбінованого геліоколектора та зміну температури теплоносія від часу опромінення.*

**Вступ.** Інтенсивне використання традиційних джерел енергії призвело до появи ряду екологічних проблем, найбільш гострими з яких є: збільшення викидів в атмосферу вуглекислого газу і зменшення товщини озонового шару. За останні 100 років концентрація вуглекислого газу в атмосфері Землі збільшилась на 13 %. Тому необхідно приділити особливу увагу пошуку таких джерел тепла, ресурс яких був би невичерпний і легко доступний. Використання відновлювальних джерел енергії, таких як сонячна енергія дає значні можливості отримання теплової енергії, яка може бути успішно використана для забезпечення різних побутових і технологічних потреб. Впровадження систем сонячного теплопостачання покращує екологічну ситуацію за рахунок зниження об'ємів викидів забруднюючих речовин, зокрема продуктів згоряння традиційних видів енергії.

**Постановка проблеми.** Системи сонячного теплопостачання із звичайними сонячними колекторами мають високу вартість та складну конструкцію. Крім того плоска поверхня прямокутної форми великого розміру призводить до труднощів архітектурної та технологічної прив'язки необхідної кількості сонячних колекторів на спорудах. Також істотною вадою цих колекторів є висока трудомісткість виготовлення і недостатня ефективність перетворення сонячної енергії в теплову внаслідок втрат тепла. Конструктивне поєднання сонячного колектора та огорожуючої конструкції будівлі дозволить максимально здешевити вартість сонячної системи теплопостачання, підвищить її енергоефективність та спростить конструкцію. Тому, на сьогоднішній день важливим є дослідження ефективності комбінованого геліоколекторів системи сонячного теплопостачання.

**Основний матеріал.** Дослідження проводились на установці, яка складалася із комбінованого геліоколектора, бака-акумулятора, джерела випромінювання та вимірювальних приладів. Схема експериментальної установки зображена на рис. 1.

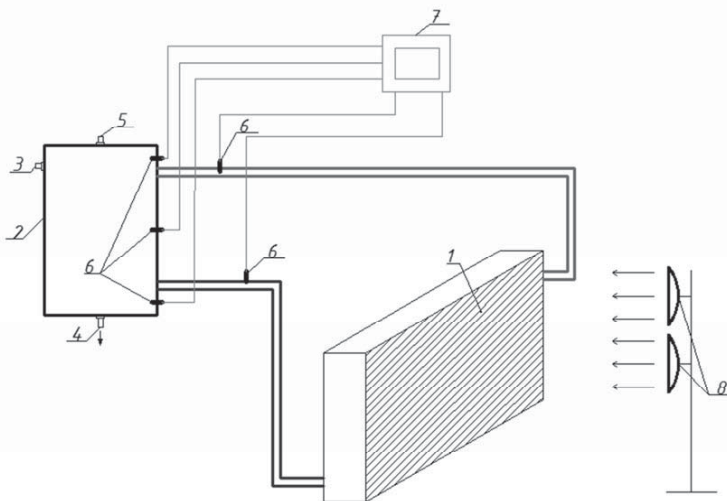


Рис. 1. Схема експериментальної установки:

- 1 – комбінований геліоколектор; 2 – бак-акумулятор; 3 – патрубок відбору теплоносія;  
4 – патрубок зливу теплоносія; 5 – повітровипускний клапан;  
6 – термометри; 7 – дисплей; 8 – джерело випромінювання.

Сонячне проміння попадає на комбінований геліоколектор 1. При цьому відбувається його нагрівання. Тепло передається трубкам контуру циркуляції. Нагрітий теплоносій через подаючий трубопровід подається у бак-акумулятор гарячої води 2. Нагріта вода через патрубок 3 подається споживачу. Охолоджений теплоносій по зворотньому трубопроводу повертається у комбінований геліоколектор 1, і нагрівається. Теплоізоляційний шар забезпечує зменшення тепловтрат. Розміщення шару тепловідбиваючого матеріалу дає можливість збільшити ефективність використання сонячного випромінювання, частина якого пройшла повз трубки контуру циркуляції. Він відбиває сонячне випромінювання назад на трубки для теплоносія, в результаті чого поглинається практично все сонячне випромінювання яке потрапляє на комбінований геліоколектор.

Інтенсивність потоку енергії, що випромінювало джерело вимірювалась актинометром. Температура теплоносія вимірювалась у трьох точках системи (на виході з комбінованого геліоколектора, на вході в комбінований геліоколектор та в баці-акумуляторі) ртутними термометрами. Температура зовнішнього повітря та його швидкість вимірювалась термоелектроанемометром TESTO 405 – V1. Витрата теплоносія вимірювалась ротаметром.

Здійснювався контроль за тим, щоб на проведення експерименту не впливали інші фактори (сонячна енергія через вікно, гладкі поверхні, затінення сонячного колектора, тощо).



Кожного разу перед початком експерименту система заповнювалась свіжою порцією води. Видалялось повітря із системи. Перевірялась герметичність системи при робочому тиску. Перевірялась справність вимірювальних приладів.

Представлені результати експериментальних досліджень комбінованого геліоколектора в системі сонячного теплопостачання при діаметрі трубок контуру циркуляції  $d = 10$  мм, відстані між трубками контуру циркуляції  $l = 20$  мм.

Важливим є аналіз зміни коефіцієнту корисної дії комбінованого геліоколектора впродовж експерименту.

Коефіцієнт корисної дії системи сонячного теплопостачання  $\eta_{\text{сст}}$  за накопичено кількістю енергії визначалась за формулою:

$$\eta_{\text{сст}} = \frac{Q_{\text{накоп}}}{Q_{\text{пром}}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де  $Q_{\text{накоп}}$  – кількість тепла, що накопичив бак-акумулятор за час  $\Delta T$ , с, визначалась експериментально.

$$Q_{\text{накоп}} = c \cdot m \cdot (t_{\text{ср}} - t_n), \quad (2)$$

де  $t_{\text{ср}}$ ,  $t_n$  – відповідно середня температура теплоносія в бакові-акумуляторі та початкова температура теплоносія, К.

$$Q_{\text{пром}} = F_z \cdot I_g \cdot \Delta T, \quad (3)$$

де  $F_z$  – площа геліостіни, м<sup>2</sup>;  $I_g$  – інтенсивність випромінювання джерела на поверхню геліостіни, Вт/м<sup>2</sup>;  $\Delta T$  – проміжок часу, с.

Кількість тепла, що накопичив бак-акумулятор  $Q_{\text{накоп}}$  за час  $\Delta T$  зображено на рис. 2.

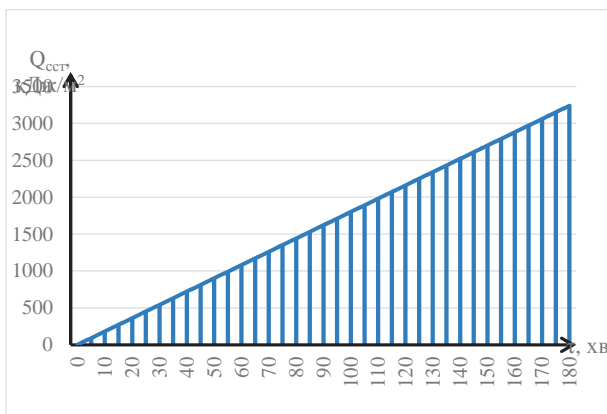


Рис. 2. Зміна кількості тепла, що накопичив бак-акумулятор  $Q_{\text{накоп}}$  за час  $\Delta T$

Як видно з рис. 2 кількість накопиченого в баку-акумуляторі тепла рівномірно зростає. Вкінці експерименту кількість накопиченого тепла становить 3240 кДж/м<sup>2</sup>.

Результати експериментальних досліджень зміни ККД геліосистеми із комбінованим геліоколектором за накопиченням енергії в баку-акумуляторі зображено на рис. 3.

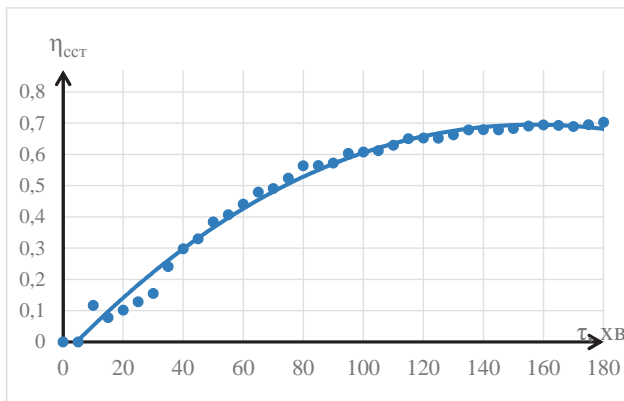


Рис. 3. Зміна ККД геліосистеми із комбінованим геліоколектором за накопиченням енергії в баку-акумуляторі впродовж експерименту

Проаналізувавши рис. 3, бачимо, що ККД системи сонячного теплопостачання впродовж експерименту зростає поступово і вкінці експерименту досягає 70 %.

Приріст температури теплоносія на вході в комбінований геліоколектор та виході з неї, температури оточуючого середовища та усередненої температури теплоносія в баку-акумуляторі впродовж експерименту зображено на рис.4.

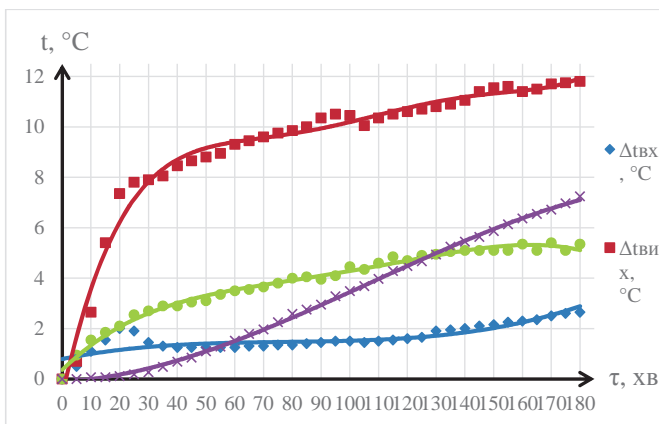


Рис. 4. Приріст температури теплоносія на вході в комбінований геліоколектор  $t_{вх}$  та виході з неї  $t_{ви}$ , температури оточуючого середовища  $t_{нов}$  та усередненої температури  $t_{\bar{о}акср}$  теплоносія в баку-акумуляторі впродовж експерименту

Як видно з рис. 4, теплоносії на виході з комбінованого геліоколектора нагрівся на 12°C, що свідчить про ефективну її роботу. Середня температура в баку-акумуляторі зросла на 7°C, а температура на виході з комбінованого геліоколектора – на 3°C.

**Висновок.** Використання геліостіни у системах сонячного теплопостачання дозволяє суттєво знизити її вартість та підвищити ефективність. Так, ККД геліосистеми за накопиченою кількістю енергії в кінці експерименту становить 70%, а теплоносії на виході з комбінованого геліоколектора впродовж експерименту нагрівся на 12°C. Отримані графічні залежності зміни ефективності комбінованого геліоколектора свідчать про високу ефективність комбінованого геліоколектора та можливість її широкого застосування у системах сонячного теплопостачання.

### Література

1. *Дорошенко А. В.* Теплофизические основы многофункциональных солнечных систем. Часть I. / *А. В. Дорошенко, Джамал Камал Хусейн, Хассан Сади Ибрагим, М. А. Глауберман* // Физика аэродисперсных систем, Выпуск 48. – Одесса. – 2011 – С. 5–15.
2. *Мусак Й. С.* Сонячна енергетика: теорія та практика: монографія / *Й. С. Мусак, О. Т. Возняк, О. С. Дацько, С. П. Шаповал.* – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. – 340 с.
3. *Maczulak A. E.* Renewable energy : Sources and Methods / *Anne Maczulak.* – NY : Infobase Publishing, 2010. – 206 p.
4. *Vožnyak O.* Rise of use effectiveness of solar energy in annual solar systems / *O. Vožnyak, S. Shapoval, O. Dacko* // Budownictwo i inżynieria środowiska. – Rzeszow, 2009. – S. 91–98.

### PROSPECTS OF USING COMBINED SOLAR SYSTEMS FOR ENERGY EFFICIENT BUILDINGS

*Шаповал С. П.*

Проанализировано современное состояние внедрения возобновляемых источников энергии в системе теплоснабжения. Показано, что использование комбинированного гелиоколлектора в системах солнечного теплоснабжения позволяет повысить их эффективность и упростить конструкцию. Получены графические зависимости изменения эффективности комбинированного гелиоколлектора в течение эксперимента. Исследовано изменение КПД комбинированного гелиоколлектора и изменение температуры теплоносителя от времени облучения.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ГЕЛИОСИСТЕМ ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ**

*Shapoval S.*

The current status of renewable energy in the heating system are analyzed. It is shown that using a combined heliocollector in solar heating systems can increase performance and simplify design. Graphical changes of efficiency of combined heliocollector during the experiment are received. The change of efficiency of combined heliocollector and change of temperature of coolant of irradiation time are researched.

## ЕКОЛОГІЧНІСТЬ ЯК НЕОБХІДНА КОМПОНЕНТА БУДІВНИЦТВА ШКІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

*У статті розкрито важливість впровадження екологічної концепції в шкільні будівлі, розглянуто ряд заходів щодо поліпшення загальної екологічної ситуації в світі, здоров'я людей та економічного використання енергії в процесі будівництва і експлуатації шкільних будівель.*

**Постановка проблеми.** Виснаження природних ресурсів, забруднення навколишнього середовища відходами, що утворюються в процесі життєдіяльності, буквально вбивають навколишнє природне середовище на нашій планеті. В даний час всього лише менше 1% прісної води людина може використовувати без очистки. Тільки в Україні звалища займають близько 260 тисяч га – більше, ніж територія держави Люксембург. З формування екологічної культури кожної людини починається глобальна зміна навколишнього середовища на краще [1].

Безперечним є факт, що навчальний заклад є незамінним та практично єдиним (після сім'ї) органом, який спроможний впливати на стан здоров'я дітей та підлітків. Саме школа протягом тривалого часу виступає основним соціально-детермінуючим фактором життєдіяльності дітей та підлітків [2]. Екологічна грамотність, дбайливе ставлення до природи стали запорукою всієї роботи. Крім того, екологічна освіта дітей – це величезний потенціал їх всебічного розвитку.

Саме тому сприяння тому, щоб заклади освіти дотримувались та забезпечували належні умови навчання у безпечний для довкілля спосіб є дієвим механізмом формування сприятливого для розвитку дітей середовища, раціонального використання ресурсів територіальної громади, соціальної мобілізації місцевих громад у вирішенні локальних проблем і сталому розвитку суспільства в цілому.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Основні принципи формування екологічного дитячого архітектурного середовища розробляли Антонюк Д. І., О. Б. Платонова, Р. Бахман. Питаннями енергозбереження в архітектурі дитячих освітньо-виховних закладів займалися Наназашвілі І. Х., Проскураков В., Бейрит А. Г., Беляєв В. С., Хохлова Л. П., Шулдан Л. П. («Принципи архітектурно-типологічного вдосконалення шкільних будівель з урахуванням енергозощадування») [3].

**Формулювання цілей та завдання статті.** Зважаючи на вищесказане, ціллю статті є охарактеризувати особливості проектування шкільних будівель з урахуванням принципу екологічності.

**Основна частина.** Екологія стає однією з важливих складових у багатьох галузях промисловості. Будівництво тут не виключення – будівельні компанії охоче йдуть назустріч сучасним вимогам і використовують технології,

максимально знижують шкідливий вплив на природу в процесі будівництва та експлуатації об'єктів. Екологічні, «зелені» методики будівництва набирають все більшої популярності, і ця тенденція буде тільки посилюватися найближчим часом [4].

Розвиток сучасних цивілізованих європейських країн є неможливим без розвитку освіти, яка відіграє вирішальну роль у формуванні світогляду громадян, підготовці кадрового потенціалу, становленні економіки країни [2].

Протягом довгого періоду школа ставила перед собою завдання передачі знань, трансляцію інформації. Сьогодні практична спрямованість є одним з ключових принципів проектування екологічної освіти. Пріоритетним стає не ступінь обізнаності учнів екологічної проблематики, а рівень екологічної культури молодих людей, який включає в себе як усвідомлення своєї відповідальності за подальшу долю еволюції, так і поведінку, дії, що сприяють вирішенню проблем навколишнього середовища, її сталого розвитку, збереження життя на Землі [4].

Старий фонд шкільних будівель складає майже 60 %. Це становить загрозу здоров'ю учнів та вчителів і є значним навантаженням на бюджет через вкрай неефективне енергоспоживання шкільними будівлями. З урахуванням зростання тарифів на енергоресурси та браку політичної волі бюджетних коштів не вистачає для належного вирішення цих питань. У Європі з року в рік вимоги до енергозаощадження стають більш жорсткими, що має позитивний вплив як на безпеку людей, так і на розвиток будівельної галузі у цілому [5].

До найважливіших проблем сучасності належить раціональне використання енергоресурсів, а енергетичні реалії в Україні зумовлюють гостру необхідність у розроблянні й застосуванні архітектурних енергозаощаджувальних рішень для будівель шкіл [3].

Екологічне проектування повинно включати в себе ряд заходів щодо поліпшення загальної екологічної ситуації в світі, здоров'я кожної людини, зокрема, і воно повинно передбачати ретельне і економічне використання енергії.

Щоб не завдавати шкоди навколишньому середовищу, необхідно дотримуватись наступного: використовувати будівельні та оздоблювальні матеріали і конструкції, які не виділяють емісій в навколишнє середовище під час їх виробництва і які можливо утилізувати без викиду шкідливих речовин в навколишнє середовище або використовувати повторно. Застосувати біологічні методи відновлення якості зворотних вод, мембранні технології, здійснювати контроль якості зворотних вод за складом і властивостями. Також необхідно застосовувати такі опалювальні системи, які викидають якомога менше, а в ідеалі зовсім не викидають шкідливих речовин в атмосферу. Перехід на біопаливо, електроенергію, інше екологічне паливо, устаткування фільтрами джерел викидів в атмосферу також є важливими факторами для захисту навколишнього середовища.

Не шкодити здоров'ю людини, забезпечувати комфортний клімат у приміщеннях допомагають такі заходи: використання природних будівельних та оздоблювальних матеріалів і конструкцій та таких, що не виділяють

шкідливих речовин під час їх експлуатації. Використання екологічно чистих систем опалення та охолодження будівель та систем контрольованого провітрювання і вентиляції.

Також для збереження енергетичних ресурсів необхідно по можливості замінити користування вичерпними ресурсами на користування невичерпними. Утеплення будівель та планування енергетично-вигідних компактних форм допоможе використовувати якомога меншу кількість ресурсів для опалення будівель. Необхідно застосовувати будівельні та оздоблювальні матеріали і конструкції, які потребують якомога менше енергії при своєму виробництві; матеріали з високими теплоізоляційними властивостям, низько енергоємне обладнання, вдосконалення конструкцій, дизайну і ландшафту. Доречним є використання дощової води для зрошення, прання, миття підлог, устаткування в системах оборотного, повторного і послідовного технічного водопостачання.

Стандарти «зелених будівель» визначають критерії екологічних будівель і формулюють умови їх створення та експлуатації. Вони широко використовуються Європейським Союзом, Північною Америкою, Австралією, країнами Азії та починають застосовуватися на Середньому Сході і в Латинській Америці. Навіть в Африці зведено кілька офіційно визнаних «зелених будівель», хоча африканські країни поки не мають власних стандартів екологічних будівель.

Головними силами, які розробляють і поширюють стандарти будівель нової якості, є Поради щодо «зелених будівель» окремих країн і Всесвітня рада по «Зеленим будівлям» (WGBC). У ньому представлені Австралія, Бразилія, Канада, Індія, Мексика, Японія, Нова Зеландія, Іспанія, Тайвань, Об'єднані Арабські Емірати, Великобританія і Сполучені Штати. У створенні стандартів «зеленого будівлі» беруть участь національні уряди, а також будівельні фірми і компанії, що спеціалізуються на енергозбереженні [6].

На сьогоднішній день існують наступні 32 національні системи стандартів в 24 країнах. Відмінності в системах полягають в кількості і формулюваннях застосовуваних критеріїв, значеннях граничних значень показників відповідності, назвах і кількості балів і системі градації [7].

Звання найбільш «зеленої» школи в світі в 2015 році на думку GreenBuildingCouncil отримала екошкола Dunbarton з Онтаріо (рис.1). Вищої нагороди канадське навчальний заклад удостоєно і за форму - за останні п'ять років школу модернізували, і за зміст навчальної програми. Школярі не просто залучені в процес, вони є ініціаторами і керівниками екопроектів.

Стару будівлю, побудовану в 1960 році, «озеленили»: встановили енергозберігаючі вікна, освітлення і сонячну систему підігріву води. Також тут була запущена програма переробки органічних відходів. У Dunbarton є спеціальний сад для запилення рослин, який привертає метеликів і бджіл, для останніх в саду встановлені спеціальні вулики.

Екошкола бере участь в Атлантичній програмі з відновлення популяції лосося. Проекти фінансуються на кошти благодійників, батьків і некомерційних організацій [8].



Рис. 1. Школа Dunbarton в Онтаріо

Щодо стандартизації в Україні, то нині працюють три системи: Державні стандарти України (ДСТУ), ГОСТи, які ми одержали у спадок від колишнього Радянського Союзу (їх понад 19 тисяч), 50 тис. галузевих стандартів, численні стандарти науково-технічних та інженерних товариств і спілок, технічні умови та стандарти підприємств. Що стосується екологічних стандартів будівництва, поки що зовсім мало (понад 700) технічних умов, гармонізованих із європейськими нормами [9]. Це ставить задачу активного розвитку екологічної стандартизації в Україні та впровадження «зелених» стандартів у будівництво.

**Висновки.** Екологічно доцільне проектування передбачає створення загальної екологічної концепції проектування, будівництва та експлуатації будівлі. При будівництві впроваджуються найкращі наявні технології та практики, що забезпечують максимально можливе скорочення негативного впливу на навколишнє середовище і економію обмежених природних ресурсів. Крім того, в наявності соціальний ефект у вигляді забезпечення більш здорових і комфортних умов для роботи та дозвілля людей, збільшення їх продуктивності праці і тривалості життя.

## Література

1. *Коцар О.* Актуальність впровадження екологічних критеріїв при будівництві та експлуатації будівель в Україні / *О. Коцар, О. Данченко, Д. Квітко.* – Крим. Стройіндустрія, 2012. – Вип. 34. – С. 20–21.
2. Президентская инициатива Наша новая школа. Електронний ресурс: <http://nasha-novaya-shkola.ru/>
3. *Шулдан Л. О.* Принципи архітектурно-типологічного вдосконалення шкільних будівель з врахуванням енергозаощаджування : Дис... канд. наук: 18.00.02 – 2007.
4. Екологічне будівництво – провідні тенденції року. Електронний ресурс: <http://blokbud.lviv.ua/ecobud.html>



5. Школи з дуже низьким енергоспоживанням. Збірка кращих практик. – К. : ВБО «Глобальна синергія», 2013. – 3 с.

6. Зеленые стандарты становятся популярными во всем мире. Электронный ресурс: <http://terraplan.ru/arhiv/32-5-12-2007/299-206.html>

7. Международные «зеленые» стандарты. Электронный ресурс: <http://www.greenstand.ru/greenstand/international.html>

8. 7 самых экологических школ мира. Электронный ресурс: <http://recyclemag.ru/article/sem-samyh-ekologichnyh-shkol-mira>

9. *Петрик М. П.* Екологічна стандартизація та сертифікація як умова інтеграції України в міжнародні структури / *М. П. Петрик* // Науковий вісник Волинського національного університету ім. Л. Українки. Серія «Біологічні науки». – 2008. – № 3. – С. 312–318.

## **ЭКОЛОГИЧНОСТЬ КАК НЕОБХОДИМЫЙ КОМПОНЕНТ СТРОИТЕЛЬСТВА ШКОЛЬНЫХ ЗДАНИЙ**

***Шапран О. В.***

В статье раскрыта важность внедрения экологической концепции в школьные здания, рассмотрено ряд мер по улучшению общей экологической ситуации в мире, здоровья каждого человека в отдельности и экономичном использовании энергии в процессе строительства и эксплуатации школьных зданий.

## **ENVIRONMENTAL FRIENDLINESS AS NECESSARY COMPONENT OF SCHOOL BUILDINGS**

***O. Shapran***

The article deals with the importance of ecological concept introduction in school buildings. It is considered a number of measures to improve the overall environmental situation in the world, the health of each individual and economical use of energy in the process of construction and exploitation of school buildings.

**МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ПОТУЖНОСТІ ЖАРОТРУБНИХ  
КОТЛІВ ДЛЯ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ**<sup>1</sup>*BBS GmbH, ФРН*<sup>2</sup>*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

***В статті проведено аналіз проблеми виготовлення жаротрубних котлів великої потужності і показані шляхи розвитку конструкцій жаротрубних котлів для досягнення більшої потужності при мінімальному збільшенні габаритних розмірів котла.***

Стан систем централізованого теплопостачання в Україні викликає необхідність їх глибокої модернізації і реконструкції. Це стосується і водогрійних опалювальних котелень, обладнання яких давно вичерпало паспортний термін експлуатації.

Для модернізації котелень можна виділити два основні напрямки: модернізація допоміжного обладнання і теплових схем [1], в тому числі і зі зміною деяких технологій, наприклад, відмова від термічної деаерації підживлюючої води на користь хімічної дегазації [2]; заміна або модернізація водогрійних котлів.

В другому напрямку рішення на сьогодні можуть бути розділені згідно потужності котлів. Взагалі необхідно підкреслити, що парк водогрійних котлів в Україні складається в основному з водотрубних котлів, що були сконструйовані в 60-80 роках минулого століття. Конструкції деяких з них вже не відповідають сьогодинішньому рівню техніки з теплотехнічних характеристик. Це котли типу НІСТУ. Інші з цієї точки зору можна вважати прийнятними, але обмурування, системи автоматизації управління і пальники в них теж не відповідають сьогодинішнім можливостям і вимогам. По потужності їх можна поділити на котли маленької і середньої потужності – до 10 МВт і більшої потужності. Котлів потужністю більше 10 МВт і до 30 МВт в Україні експлуатується не так вже і багато. Це котли серії КВГМ потужністю 10 і 20 МВт. Котлів потужністю більше 30 МВт експлуатується набагато більше. Це переважно котли серії ПТВМ. По кількості майже половина з них – це котли ПТВМ-30. Відносно котлів потужністю 30 МВт і більше з упевненістю можна говорити, що в перспективі їх чекає модернізація, або реконструкція в частині заміни систем автоматизації, пальників, обмурування і такий досвід є в Україні [3] і в інших пострадянських країнах [4]. Для котлів малої і середньої потужностей серед фахівців не має однозначної позиції. Частина фахівців виступає за повну заміну таких котлів, як НІСТУ-5, на котли нових конструкцій [5], інші шукають шляхи їх модернізації за рахунок різних конструкційних рішень [6]. Серед тих, хто виступає за заміну зазначених вище котлів на нові, відсутня єдність відносно типу котлів, які мають прийти на заміну зношених. Деякі виступають за розроблення водотрубних котлів нових

конструкцій [5], але практика модернізації котельнь показує, що поступово парк старих водотрубних котлів малої потужності (до 10 МВт) поступово замінюється на жаротрубні. Це можуть бути як вітчизняні котли серії КСВа потужністю до 3,16МВт, так і імпорتنі.

Для котлів середньої потужності такої однозначності немає. І цьому є низка причин. По-перше, в радянській школі котлобудування практично відсутній досвід конструювання і виготовлення жаротрубних котлів (крім суто спеціалізованих, наприклад, котлів-утилізаторів [7]). По-друге, і в європейських виробників також особливого досвіду виготовлення жаротрубних котлів водогрійних котлів великої потужності не було через відсутність попиту на таке обладнання. Аналіз впливу особливостей нормативних вимог до систем теплопостачання, діючих в Україні станом на дійсний час [8], та аналогічних вимог в пострадянських країнах на конструкцію жаротрубних водогрійних котлів потужністю від 10 МВт показав, що для їх виконання необхідно або переходити на котли типу «циркомат» [9] або суттєво змінювати конструкцію [10]. Так, котлобудівний завод BBS(ФРН) при конструюванні котла потужність 18 МВт для системи теплопостачання міста Йонава (Литва) використав поворотну камеру до першого ходу димогарних труб з плавникових труб, тим самим фактично створивши комбінований жаротрубно-водотрубний котел, який успішно експлуатується вже 10 років. Не дивлячись на пропозиції деяких фірм створити жаротрубні котли потужністю 35 МВт, поки що відомі тільки три приклади виготовлення подібних котлів потужністю понад 15 МВт. Це вже згаданий приклад з котлом BBS потужністю 18 МВт, це котли ICICaldae в Києві потужністю 17,4 МВт, що в дійсний час знаходяться в режимі налагодження, та котли фірми Bosch-Buderus в Маріуполі потужністю 19,2 МВт, які були змонтовані в 2014 році.

Основною причиною, що стримує розвиток жаротрубних котлів великої потужності, є їх великі розміри, що стають неприйнятними при великих потужностях. Це зводить нанівець основні їх переваги перед водотрубними котлами – можливість їх повного виготовлення на заводі з подальшим транспортуванням на об'єкт автомобільним транспортом та відносно низька вартість виготовлення.

Застосовані фірмою BBS технічні рішення стосовно виносу поворотних камер за межі водяного об'єму котла [11], організація направлення руху води в водяному об'ємі, та застосування двох жарових труб [12] дасть змогу зменшити розміри жаротрубних котлів великої потужності, але вирішити проблему повністю за рахунок цих рішень не вдається.

Подальший аналіз конструкції жаротрубних котлів великої потужності показав, що резервом зменшення їх розмірів при зростанні потужності є інтенсифікація теплообміну в димогарних трубах. В існуючих конструкціях інтенсифікації цього процесу намагаються досягти шляхом улаштування в димогарних трубах спеціальних турбулізаторів потоку продуктів згоряння. Вони виготовляються або з металевої полоси або з дроту, закрученого у вигляді спіралі, що вставляється в димогарні труби. Це дає деякий ефект, але

позитивний ефект від зростання тепловіддачі поглинається збільшенням аеродинамічного опору димогарних труб [13].

Проблемою інтенсифікації теплообміну в трубах займалися багато дослідників і в цьому напрямку є перспективні напрацювання [14, 17]. Однак, поки що вони не застосовувались в сфері котлобудування. Для оцінювання дієвості засобів інтенсифікації теплообміну в трубах останнім часом користуються фактором аналогії Рейнольдса, який показує співвідношення інтенсифікації теплообміну до зростання втрат тиску в потоці теплоносія. Узагальнення дослідних даних згідно до цього показника приведені в [18], де показано, що за цим показником прийнятними можна вважати три засоби інтенсифікації – поверхові заглиблення; сферичні виступи та кільцеві виступи. Подібний аналіз проведений в [19] для умов теплообміну, подібних до теплообміну в димогарних трубах виявив, що серед проаналізованих засобів інтенсифікація найбільше підходять кільцеві виступи в середину труби.

Ще одним засобом інтенсифікації теплообміну може бути використання ефекту турбулізації потоку на вході в димогарну трубу з поворотної камери [20]. Найкращого результату можна чекати від сумісного використання обох методів.

**Висновок.** Аналіз конструкції жаротрубних котлів показує, що існують границі потужності, понад які конструювання таких котлів втрачає сенс. Можливості подальшого збільшення потужності за рахунок якихось конструкційних рішень вичерпана за винятком можливості розміщення в першій поворотній водоохолоджувальній камері додаткових поворотів, додаткових поверхонь нагріву, аналогічно фестонам на виході з топків котлів.

Єдиний вихід з цього положення – інтенсифікація теплообміну в димогарних трубах. Аналіз науково-технічної літератури показав, що принципово можлива реалізація цього напрямку для конструювання жаротрубних котлів потужністю до 35 МВт з прийнятними розмірами.

## Література

1. Гламаздин П. М. Энергоефективные тепловые схемы опалывальных котельных систем централизованного теплоснабжения / П. М. Гламаздин, Д. П. Гламаздин // Нова Тема. 2012. №2. С. 52–54.
2. Витковский В. С. Промывка тепловой сети и профилактика появления накипных отложений – эффективный способ энергосбережения в системах теплоснабжения / В. С. Витковский, П. Й. Павленко, В. В. Бужинський, А. И. Огородничук, П. М. Гламаздин, К. А. Цикал // Житлово-комунального господарства України. 2013. №3 (48)
3. Гламаздин П. М. Досвід модернізації водогрійних котлів ПТВМ-30 / П. М. Гламаздин, Д. П. Гламаздин // Житлово-комунальне господарство України. 2012. №9 (52). С. 34–39
4. Гламаздин П. М. Потенциал энергоефективности централизованных систем теплоснабжения / П. М. Гламаздин, Д. М. Гламаздин // Энергосбережение, №1, 2013, с. 23–25.

5. Сигал А. И. Пути сокращения потребления природного газа в коммунальной теплоэнергетике Украины / А. И. Сигал // ООВК. 2013. №1/2. С. 8–9.
6. Власюк А. В. Підвищення ефективності використання палива в опалювальних котлах малої теплопродуктивності та бітумоплавильних агрегатах / А. В. Власюк // Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. – Київ : Інститут технічної теплофізики, 2003 р.
7. Газотурбинные котлы-утилизаторы и энерготехнологические котлы. Отраслевой каталог. –М.: НИИЭкономики, 1986. – 40 с.
8. ДБН В.2.5-39:2008 Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі і споруди. Теплові мережі. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009.
9. Гламаздин П. М. Особенности конструкции дымогарных котлов большой мощности для реконструкции котельных централизованных систем теплоснабжения / П. М. Гламаздин, R. Schwarzenberger // Енергозбереження в будівництві та архітектурі. Науково-технічний збірник. 2011. – Випуск 1. – С. 60–61.
10. Schwarzenberger R. Проблемы использования жаротрубных котлов большой мощности в централизованных системах теплоснабжения/ R. Schwarzenberger, П. М. Гламаздин // Енергозбереження в будівництві та архітектурі. – Науково-технічний збірник. 2013. – Випуск 4.
11. Schwarzenberger R/, Гламаздин П.М. Особенности конструкции жаротрубных котлов большой мощности / R. Schwarzenberger, П. М. Гламаздин // Муниципальная энергетика: проблемы, решения: Матеріали п'ятої міжнародної науково-технічної конференції. – Миколаїв : НУК, 2013. – 288 с.
12. Schwarzenberger R. Особенности циркуляции теплоносителя в жаротрубных котлах большой мощности для централизованных систем теплоснабжения / R. Schwarzenberger, П. М. Гламаздин // Науково-технічний збірник «Енергоефективність в будівництві та архітектурі». Випуск 6. – К. : КНУБА, 2014 р. – 364 с.
13. Сударев А .В. Интенсификация теплоотдачи в каналах теплообменного оборудования с проволочными спиральными вставками / А. В. Сударев, А. А. Халатов, Б. В. Сударев // Газотурбинные технологии. Май 2009, - №4 (75).
14. Халатов А.А. Теория и практика закрученных потоков. – Киев : Наук. думка, 1989. – 192 с.
15. Калинин Э. К. Эффективные поверхности теплообмена / Э. К. Калинин, Г. А. Дрейцер, И. З. Копп, А. С. Мякочин. – М. : Энергоатомиздат, 1998. – 407 с.
16. Гортышов Ю. Ф. Эффективность промышленно перспективных интенсификаторов теплоотдачи / Ю. Ф. Гортышов, В. В. Олимпиев, И. А. Попов // Известия Российской Академии наук. – Серия: Энергетика. – 2002. – №3. – С. 102–118.

17. *Мигай В. К.* Интенсификация теплообмена внутри труб путем искусственной шероховатости / *В. К. Мигай, И. Ф. Новожилов* // Теплоэнергетика. – 1964, №9. – С. 60–63.

18. *Халатов А. А.* Обобщение опытных данных по фактору аналогии Рейнольдса для интенсификаторов теплообмена различного типа / *А. А. Халатов, В. Н. Онищенко* // Промышленная теплотехника. 2010. Т. 32. №5

19. *Письменный Е. Н.* Баранюк А.В. Теплоаэродинамическая эффективность трубчатых поверхностей нагрева регенераторов гту / *Е. Н. Письменный, А. М. Терех, А. В. Семеняко* // Пром. Теплотехника, 2010, – т. 32, №4.

20. *Легкий В. М.* Локальный теплообмен в начальном участке трубы с острой входной кромкой. Природа и поведение экстремумов интенсивности теплообмена / *В. М. Легкий, В. А. Розачев* // Инж.-физ. Журн. – 1993. – Т.65. – №2. – 488 с.

## **ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ МОЩНОСТИ ЖАРОТРУБНЫХ КОТЛОВ ДЛЯ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

*Шварценбергер Р., Гламаздин П. М.*

В статье проведен анализ проблемы изготовления жаротрубных котлов большой мощности и показаны пути развития конструкции жаротрубных котлов для достижения большей мощности при минимальном увеличении габаритных размеров котла

## **THE POSSIBILITIES OF INCREASING OUTPUT FOR FIRE TUBE BOILERS FOR DISTRICT HEATING SYSTEMS**

*Rudolf Shwarzenberger, Pavel M. Glamazdin*

The article analyzes the problem of the manufacture of fire-tube boilers of high power and the ways of construction of fire-tube boilers to achieve higher power with minimal increase in overall size of the boiler

## АНАЛИЗ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ «ЧЖУНХЕЙ»

*Компания ООО «Чжунхей Украина», г. Киев, Украина  
Институт технической теплофизики НАН Украины, г. Киев, Украина*

*В статье приведены исследования основных теплотехнических характеристик электротермической системы отопления «Чжунхей». Анализ конструкции тепловыделяющего мата производства компании «Чжунхей» показал относительно высокую надежность его конструкции и приемлемые эксплуатационные характеристики применительно для различных объектов жилищно-коммунального хозяйства.*

**Постановка проблемы.** Современные мировые тенденции в повышении энергетической эффективности систем теплоснабжения, в частности, направлены на децентрализацию поставки теплоты потребителям, а также подразумевают переход на использование низкотемпературных отопительных систем.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В Институте технической теплофизики НАН Украины проведены научные исследования и анализ основных теплотехнических характеристик электротермической системы отопления «Чжунхей» модель ZHDM-WM-220-180/225/270 и комплектующих к ней производства ZHONGHUI (HEILONGJIANG) UNDERGROUND HEATING CORPORATION (Китай).

**Постановка задачи** заключалась в проведении тепловизионного обследования образцов продукции с последующим сравнением ее качественных характеристик с заявленными производителем.

**Основная часть.** Данная продукция предназначена для использования в системах отопления помещений различного назначения в объектах жилищно-коммунального хозяйства и социально-бытовой сферы. Изделие относится к классу низкотемпературных аккумуляционных систем отопления, в которых основным механизмом теплоотдачи является радиационная составляющая (до 70%) теплообмена в диапазоне инфракрасного излучения с длиной волн (9 – 12 мкм) при максимальной температуре поверхности тепловыделяющего элемента до 50°C.

Конструкция изделия представлена в виде мата (предлагается типоряд с различными размерами) с гидроизоляционной (IPX7) поливинилхлоридной термоустойчивой оболочкой, в котором размещается электронагревательный пленочный элемент. Между электроизоляционными слоями многослойной пленки из полиэтилентерефталата (майлара) нанесены электропроводные

волнообразные полосы (для уменьшения линейной температурной деформации), выполненные из углеродосодержащего материала (оригинальный состав производителя), который при прохождении по нему электрического тока выделяет теплоту. Распределение тока по полосам обеспечивается путем их параллельного контакта с двумя медными плоскими проводниками, которые расположены по боковым краям пленки. Надежность электрических контактов при этом обеспечивается двойным неразъемным заклепочным соединением (обладает длительным сроком службы без увеличения локального электросопротивления, которое может привести к возможной термодеструкции проводников), а также дополнительным электроизоляционным самоклеющимся виниловым покрытием (что также предотвращает их механическое повреждение). Полиэтилентерефталат при этом обладает устойчивыми гидро- и электроизоляционными свойствами в широком диапазоне температур, что вполне оправдывает его применение в данной системе. При этом материал пленки и ее толщина допускают деформативные изгибные воздействия без критичного повреждения токопроводящих элементов. Обе стороны пленочного электронагревательного элемента клеевым способом покрыты слоем алюминиевой (теплопроводной) фольги, что значительно улучшает теплораспределение по его поверхности, а также экранирование от, возникающего при прохождении по полосам тока, слабого электромагнитного излучения. В комплекте поставляются соединительные электрические кабели с медными многожильными проводниками соответствующего сечения и гидрозащищенными соединительными разъемами, а также электронный блок управления температурными режимами работы и обеспечения безопасности эксплуатации данной системы отопления. Нагревательные маты предназначены для их размещения под различными напольными покрытиями (керамическая плитка, деревянные, ламинат и др.) в помещениях на предварительно теплоизолированной поверхности (слой не менее 30 мм теплоизоляции из экструдированного пенополистирола). Над расстеленными, согласно конфигурации помещения и предпочтениям потребителя, матами выполняется стяжка (толщиной до 40 мм) на основе цементных строительных смесей и финишная отделка. Слой стяжки выполняет функцию аккумуляирования теплоты и равномерного распределения теплоты по поверхности пола. Щелочное разрушающее воздействие строительных смесей, при их заливке на фольгированную поверхность пленки и электрические контакты, полностью исключено за счет их соответствующей гидроизоляции.

Управление включением нагревательных матов как в отдельном помещении, так для здания в целом, может осуществляться в автоматическом режиме посредством пользовательского интерфейса (включая дистанционное). Номинальными характеристиками для электрического питания данной системы является промышленная сеть с напряжением 220-240 В и частотой 50 Гц. Расчетное значение плотности теплового потока может составлять 80...160 Вт/м<sup>2</sup> в зависимости от необходимой температуры воздуха в помещении и его тепловых потерь, что покрывает все классы Европейской классификации по энергоэффективности зданий (ДБН В.2.6-31:2006).



Проведены тепловизионные обследования температуры поверхности (теплоотдающей способности) образца данной продукции (мат с размерами 400х350х0,95 мм с тепловыделяющим фрагментом пленки с размерами 300х300х0,32 мм) при температуре воздуха 22,0°С в лабораторном неветилируемом помещении. На рис. 1 – 2 представлены термограммы (слева) и фотографии (справа) объектов, полученные при помощи тепловизора Testo 875-2 (серийный номер 2330038, объектив стандартный 32°, согласно методике EN 13187, погрешность измерения температуры поверхности  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ), при максимальной потребляемой электрической мощности мата 24,8 Вт. Измерение мощности проводилось при помощи аналогового измерительного комплекса К-50. При этом электрическое напряжение питания составляло 219,1 В.

На рис. 1 максимальная температура на поверхности мата составила 54,9°С. Неравномерность поверхностного поля температуры объясняется неплотным прилеганием гидроизоляционной оболочки к тепловыделяющему фрагменту пленки. В технологии монтажа это полностью исключено из-за воздействия сверху на мат массы цементного раствора стяжки (придавливание оболочки уменьшает общее термическое сопротивление мата).

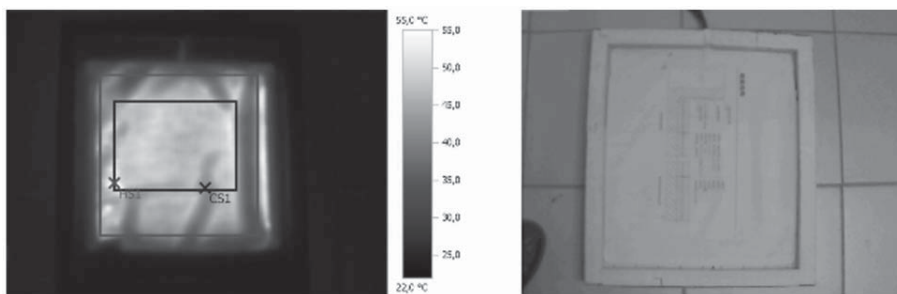


Рис. 1. Термограмма мата «Чжунхей» в гидроизоляционной оболочке

На рис. 2 максимальная температура на поверхности мата составила 56,1°С.

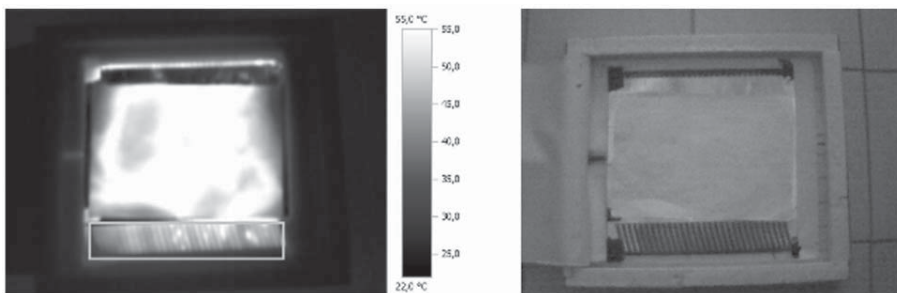


Рис. 2. Термограмма мата «Чжунхей» без гидроизоляционной оболочки

Очевидно относительно равномерное распределение температуры по поверхности тепловыделяющего фрагмента в месте его фольгирования. Такой режим способствует уменьшению термических деформаций и возможной деструкции пленки в месте их возникновения.

Рис. 3 представляет собой термограмму поверхности стяжки пола с фрагментом системы отопления «Чжунхай», выполненный при тех же исходных условиях и параметрах эксперимента. Фрагмент теплоизолирован снизу и боков экструдированным пенополистиролом толщиной 30 мм для минимизации периферийных тепловых потерь. Отмечается равномерное распределение температуры по поверхности участка пола над нагревательным элементом (снижение механических напряжений вследствие температурной деформации стяжки, меньший риск трещинообразования в полу при эксплуатации системы). Максимальная температура поверхности при этом составила 42,5°С после 5 часов непрерывного включения.

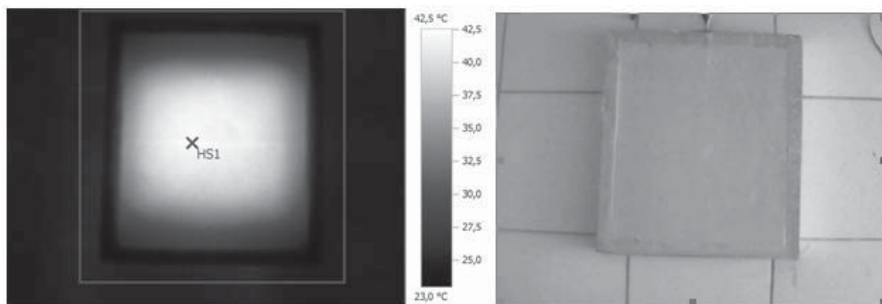


Рис. 3. Термограмма поверхности стяжки пола с фрагментом системы отопления «Чжунхай»

**Выводы.** Анализ конструкции тепловыделяющего мата производства компании «Чжунхай» показал относительно высокую надежность его конструкции и приемлемые эксплуатационные характеристики применительно для различных объектов жилищно-коммунального хозяйства.

Проведенные экспериментальные исследования теплотехнических характеристик дают основание рекомендовать электротермическую систему отопления «Чжунхай» к широкому использованию для отопления помещений различного назначения в качестве энергоэффективной альтернативы существующим инженерным системам.

## **АНАЛІЗ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОТЕРМІЧНОЇ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ «ЧЖУНХЕЙ»**

*Ден Юн, Адам Сін, Нізієнко О. Р., Недбайло О. М.*

У статті наведені дослідження основних теплотехнічних характеристик електротермічної системи опалення «Чжунхей». Аналіз конструкції термічного мату виробництва компанії «Чжунхей» показав відносно високу надійність його конструкції та прийнятні експлуатаційні характеристики при можливому їх використанні для різних об'єктів житлово-комунального господарства.

## **AN ANALYSIS OF ENGINEERING CHARACTERISTICS OF ELECTROTHERMICAL HEATING SYSTEMS**

*Den Un, Adam Sin, O. Nizienko, O. Nedbailo*

The paper presents the researches of the basic thermal engineering of electrothermal heating system ZHONGHUI (HEILONGJIANG) UNDERGROUND HEATING CORPORATION (China). Analysis of the structure of the thermal mat manufacturing company «ZHONGHUI» showed relatively high reliability of its design and acceptable performance in relation to the various objects of housing and communal services.

## ЗМІСТ

<b>Басок Б. И., Недбайло А. Н., Божко И. К., Ткаченко М. В.</b> ТЕХНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПАССИВНОГО ДОМА	<b>3</b>
<b>Басок Б. И., Давиденко Б. В., Лисенко О. М.</b> ОСОБЛИВОСТІ СПОЖИВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ В БУДІВЛІ ПРИ РІЗНИХ РЕЖИМАХ РОБОТИ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ПУНКТУ	<b>10</b>
<b>Басок Б. И., Накорчевський А. І., Кужель Л. М., Гончарук С. М., Новіцька М. П.</b> ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ЧЕРЕЗ СКЛОПАКЕТИ З ВРАХУВАННЯМ ЗОВНІШНІХ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ. МЕТОДИКА ОПРАЦЮВАННЯ ДАННИХ	<b>15</b>
<b>Бердник О. Ю.</b> ОСОБЛИВОСТІ ВИЛУГОВУВАННЯ БАЗАЛЬТОВОГО ВОЛОКНА І ПІДВИЩЕННІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРІАЛУ	<b>21</b>
<b>Божко И. К., Недбайло А. Н., Ткаченко М. В.</b> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОНАСОСНОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРУНТОВОГО КОЛЛЕКТОРА	<b>29</b>
<b>Болгарова Н. М.</b> АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОГРАФІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ОПИСУ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ НА ЕТАПІ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ БУДІВЛІ	<b>35</b>
<b>Бондаренко В. В.</b> ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И АРХИТЕКТУРЕ ОТ КОМПАНИИ «СЕН-ГОБЕН СТРОИТЕЛЬНАЯ ПРОДУКЦИЯ УКРАИНА»	<b>41</b>
<b>Брунько В. М.</b> ТЕРМО-КЛІМАТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ БУДИНКУ	<b>46</b>
<b>Вахович І. В., Максимов А. С., Ячменьова Ю. В.</b> ЕНЕРГЕТИЧНИЙ БАЛАНС УКРАЇНИ	<b>54</b>
<b>Велит І. А., Гузик Д. В.</b> НАТРИСВІ ЛАМПИ ВИСОКОГО ТИСКУ З ДОБАВКАМИ ЦЕЗІЮ ДЛЯ СВІТЛОКУЛЬТУРИ РОСЛИН	<b>60</b>
<b>Витвицкая Е. В.</b> МИКРОКЛИМАТ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ЖИЛОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ И ИХ РЕГУЛИРОВАНИЕ	<b>65</b>

<b>Гарасим Д. І., Лабай В. Й.</b> ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СИСТЕМІ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ОПЕРАЦІЙНИХ ЧИСТИХ КІМНАТ	<b>72</b>
<b>Гетун Г. В., Атаманюк І. О., Дмитренко О. І.</b> ПОРІВНЯННЯ СТАНДАРТІВ УКРАЇНИ В ОЦІНЮВАННІ ХАРАКТЕРИСТИК ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БАГАТОПОВЕРХОВИХ ПАНЕЛЬНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ	<b>78</b>
<b>Голишев О. М., Деньгуб В. І., Деньгуб Т. В., Філонова К. О.</b> ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ В ОПАЛЮВАЛЬНИЙ ТА НЕОПАЛЮВАЛЬНИЙ СЕЗОНІ РОКУ	<b>84</b>
<b>Гумен О. М., Довгалюк В. Б., Мілейковський В. О.</b> ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ТУРБУЛЕНТНИХ ТЕЧІЙ У ПРИМІЩЕННЯХ	<b>92</b>
<b>Гумен О. М., Мілейковський В. О., Дзюбенко В. Г.</b> ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗА СКЛАДНОЮ МАТЕМАТИЧНОЮ МОДЕЛЛЮ	<b>101</b>
<b>Давиденко Є. П.</b> ПАСИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В АРХІТЕКТУРНИХ ФОРМАХ	<b>107</b>
<b>Данько К. С., Муха Т. О., Срібна В. Є.</b> ФОРМУВАННЯ АРХІТЕКТУРНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ В МІСТІ БРЕСТ	<b>113</b>
<b>Довгалюк В. Б., Качан І. О.</b> МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ПИЛООЧИЩЕННЯ ГАЗІВ В СКРУБЕРАХ ВЕНТУРІ	<b>118</b>
<b>Задоянний О. В., Євдокименко Ю. М.</b> ЕКСЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОВІТРООБМІНУ В ПРИМІЩЕННІ	<b>125</b>
<b>Зельцер Р. Я., Дубінін Д. В.</b> СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ РЕСУРСНО-ЛОГІСТИЧНОГО ТА ОРГАНІЗАЦІЙНО-СТРУКТУРНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВНИЦТВА	<b>130</b>
<b>Клапченко В. І., Григораш Ю. І., Кузнецова І. О.</b> НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИЙ ПРОВІСНИК НАГРІВУ	<b>135</b>
<b>Климчук М. М.</b> МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД ФІНАНСУВАННЯ ЗАХОДІВ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ БУДІВЕЛЬНОЇ ІНДУСТРІЇ	<b>141</b>
<b>Колієнко В. А., Тормосов Р. Ю., Колієнко А. Г.</b> СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИКОНАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ	<b>152</b>

<b>Копасова Г. В.</b>	<b>158</b>
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ОСВІТЛЕННЯ ВІДКРИТИХ ПРОСТОРІВ СВІЛОТЕХНІЧНИМИ УСТАНОВКАМИ	
<b>Кошева В. О., Пінчук В. С.</b>	<b>163</b>
УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ З ПРОБЛЕМ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ У ВНЗ УКРАЇНИ БУДІВЕЛЬНОГО ПРОФІЛЮ	
<b>Кузицький І. Т., Кулінко Є. О.</b>	<b>169</b>
ОЦІНКА МЕТОДІВ ПРОЕКТУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАЛЬ НА ОСНОВІ РІЧНОГО БАЛАНСУ ТЕПЛОВИХ ТА ХОЛОДИЛЬНИХ НАВАНТАЖЕНЬ БУДІВЛІ	
<b>Куліков П. М., Панько О. М., Плоский В. О., Приймак О. В.</b>	<b>175</b>
КОМПЛЕКСНА ПРОГРАМА «ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ»: МЕТА, СТАН ВИКОНАННЯ, ПЕРСПЕКТИВИ	
<b>Лисак О. В.</b>	<b>179</b>
АНАЛІЗ РАДІАЦІЙНОГО ТЕПЛООБМІНУ ФРОНТАЛЬНОЇ ПОВЕРХНІ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТЕПЛОАКУМУЛЯЦІЙНОГО ОБІГРІВАЧА ЗА СТАЛОГО ЗНАЧЕННЯ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛОВОГО ПОТОКУ НА НІЙ	
<b>Лісун І. С.</b>	<b>186</b>
ФОРМОУТВОРЕННЯ ТРАНСФОРМОВАНОЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ЗОНТИЧНОЇ СИСТЕМИ З УРАХУВАННЯМ ШВІВ $\Delta_{min}$	
<b>Лукомська І. О., Муха О. В.</b>	<b>192</b>
ОСОБЛИВОСТІ АРХІТЕКТУРНИХ РІШЕНЬ СПОРУД НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕЛЕНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ КАРПАТ	
<b>Любарець О. П., Сенчук М. П., Любарець В. О.</b>	<b>197</b>
МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПРОЕКТНОЇ ТЕПЛОВОЇ ПОТУЖНОСТІ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ПРИМІЩЕНЬ ТА БУДІВЕЛЬ	
<b>Малий О. В., Кащенко Т. О.</b>	<b>202</b>
ЗАСТОСУВАННЯ ПРИНЦИПІВ «ЕКО-ДИЗАЙНУ» ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ДИТЯЧИХ ЗАКЛАДІВ ОЗДОРОВЛЕННЯ ТА ВІДПОЧИНКУ З УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ ПРОГРАМИ «ЕСО-САМР»	
<b>Мартинов В. Л.</b>	<b>207</b>
ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ФОРМИ, УТЕПЛЮВАЧА, ОРІЄНТАЦІЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ З УРАХУВАННЯМ ВИМОГ ОСВІТЛЕННЯ ТА ІНСОЛЯЦІЇ	
<b>Мачулко А. С., Кобзар І. Г., Скочко В. І.</b>	<b>214</b>
КОНЦЕПЦІЯ КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ТА КАНАЛІЗАЦІЙНОЇ РЕКУПЕРАЦІЇ	

<b>Меленчук Л. Т.</b> АНАЛІЗ ТА МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДОСВІДУ НІМЕЧЧИНИ В ГАЛУЗІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ В ЖИТЛОВОМУ СЕКТОРІ	<b>220</b>
<b>Мілейковський В. О., Шувасва О. Ю.</b> СОНЯЧНИЙ ОПАЛЮВАЛЬНИЙ ПРИЛАД ДЛЯ ПАСИВНИХ СОНЯЧНИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ В РЕГІОНАХ З ТРИВАЛОЮ ХМАРНОЮ ПОГОДОЮ	<b>225</b>
<b>Мойсеєнко В. В.</b> ВПЛИВ СКЛАДУ БІОГАЗУ НА ПОКАЗНИКИ ГОРІННЯ	<b>231</b>
<b>Мосійчук Я. Б., Хомуцька Т. П.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ СУМІСНОЇ РОБОТИ СПОРУД З РЕГУЛЬОВАНИМИ ТА НЕРЕГУЛЬОВАНИМИ НАСОСАМИ В БЕЗБАШТОВИХ СИСТЕМАХ ВОДОПОСТАЧАННЯ	<b>236</b>
<b>Орленко М. І.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЇ УСПЕНСЬКОГО СОБОРУ КІЄВО-ПЕЧЕРСЬКОЇ ЛАВРИ	<b>243</b>
<b>Панасюк М. М.</b> ВПЛИВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ОРГАНІЧНОЇ ТА БІОНІЧНОЇ АРХІТЕКТУРИ	<b>251</b>
<b>Пашко А. О., Теренчук С. А., Єременко Б. М.</b> МОДЕЛЮВАННЯ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ ТА ПОЛІВ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧІ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ	<b>256</b>
<b>Перегуда Є. В.</b> ПРО ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ МЕХАНІЗМ РЕАЛІЗАЦІЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ ПОЛІТИКИ (КЕЙС УПРАВЛІННЯ ЖИТЛОМ)	<b>263</b>
<b>Підгорний О. Л.</b> МОЖЛИВОСТІ РОЗШИРЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ ПЕРЕНОСУ	<b>269</b>
<b>Підгорний О. Л.</b> ФОРМОУТВОРЕННЯ СКЛАДЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ПЕРЕНОСУ	<b>275</b>
<b>Пона О. М.</b> АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГЕЛІОПОКРІВЛІ У ГЕЛІОСИСТЕМАХ ДЛЯ ПОБУТОВИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОТРЕБ	<b>281</b>
<b>Приймак Д. В., Гламаздин П. М., Швачко Н. А.</b> ПРОБЛЕМИ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ МАЛИХ МІСТ	<b>286</b>
<b>Приймак О. В., Пасічник П. О., Білан Р. В., Нагорний С. О.</b> ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТКИ ТЕПЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ, ЩО ЗАМІЩУЄТЬСЯ ЕНЕРГІЄЮ СОНЦЯ ТА ВІТРУ ДЛЯ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ З КОМБІНОВАНИМ СОНЯЧНО-ЕЛЕКТРИЧНИМ	<b>292</b>

ПОВІТРОПІДГРІВАЧЕМ

<b>Пугачов Є. В., Савчук Л. С.</b>	<b>297</b>
ЗОНИ ПОВЕРХОНЬ ПАНОРАМИ ТА ФОРМИ ОБЛАСТЕЙ ЦИЛІНДРИЧНОГО СВІТЛОПРОРІЗУ, ЩО ЇХ ОСВІТЛЮЮТЬ	
<b>Радомцев Д. О.</b>	<b>304</b>
ДОСЛІДЖЕННЯ СВІТЛОКЛІМАТИЧНОГО РАЙОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ НА ОСНОВІ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ДАНИХ ПРИРОДНОГО ОСВІТЛЕННЯ	
<b>Редько А. А., Чередник А. Д., Ланцберг Н. Г., Куликова Н. В., Редько А. Ф.</b>	<b>313</b>
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ТЕПЛООБМЕНА ИНФРАКРАСНЫХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ВОДЯНЫХ ПОТОЛОЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ	
<b>Россінський В. М.</b>	<b>319</b>
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ В ТЕХНОЛОГІЯХ ГЛИБОКОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД, ЩО МІСТЯТЬ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНІ РЕЧОВИНИ	
<b>Рубан Л. І.</b>	<b>326</b>
ЛАНДШАФТНІ АСПЕКТИ НОВОЇ АРХІТЕКТУРИ ОБ'ЄКТІВ МАЛОЇ ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ	
<b>Рудинська Г. О.</b>	<b>333</b>
УКРАЇНСЬКІ ІСТОРИКО-КУЛЬТУРНІ ТРАДИЦІЇ В АСПЕКТІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЖИТЛОВОГО БУДІВНИЦТВА	
<b>Савченко О. О., Желих В. М., Постоленко А. М., Конюховський І. В., Нестерович Г. А.</b>	<b>342</b>
ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ ТЕПЛОТИ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТРУБОПРОВОДАХ ЗА РАХУНОК УТЕПЛЕННЯ ЗАПІРНОЇ АРМАТУРИ	
<b>Сергейчук О. В., Щербакова О. М.</b>	<b>350</b>
РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ НАСЛІДКІВ БУДІВНИЦТВА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ НА БІОСФЕРУ	
<b>Скорук О. М.</b>	<b>356</b>
ОБЛАСТІ ЕФЕКТИВНОГО ЗАСТОСУВАННЯ СТАЛЕФІБРОБЕТОНУ	
<b>Старченко С. Н.</b>	<b>362</b>
ПУТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ЭНЕРГОЭФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ В ЖИЛИЩНОМ ДОМОСТРОЕНИИ	
<b>Струк О. В., Предун К. М.</b>	<b>369</b>
ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В РЕКОНСТРУКЦІЇ ГАЗОВИХ МЕРЕЖ У М. КИЄВІ	



<b>Тарасюк В. П.</b> МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЕНЕРГОВИТРАТ В МЕЖАХ ПЕРЕТИНІВ З ПРИМУСОВИМ РЕГУЛЮВАННЯМ РУХУ	<b>373</b>
<b>Тимофєєв М. В., Шамріна Г. В.</b> ФАСАДНІ СИСТЕМИ З ВІДБИВНОЮ ІЗОЛЯЦІЄЮ НА ВНУТРІШНІЙ СТОРОНІ ОБЛИЧКУВАННЯ	<b>382</b>
<b>Ткаченко Т. Н., Крист І., Полевая Ю. В.</b> ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗЕЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОВРЕМЕННЫХ УРБОЦЕНОЗАХ	<b>387</b>
<b>Тормосов Р. Ю., Скочко В. І.</b> НАУКОВО-ОСВІТНІЙ ЦЕНТР ПРОЕКТУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕНЬ БУДІВЕЛЬ БЛИЗЬКИХ ДО НУЛЬОВОГО ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ КНУБА: ЕТАПИ ЗАСНУВАННЯ ТА ТРЕНІНГОВІ ПРОГРАМИ	<b>392</b>
<b>Цифра Т. Ю., Деркач Є. В.</b> СИСТЕМА СЕРТИФІКАЦІЇ – НОВІ РЕАЛІЇ УКРАЇНИ	<b>403</b>
<b>Чепурна Н. В., Кириченко М. А., Чепурний В. В.</b> РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ РОЗСАДНИХ ВІДДІЛЕНЬ ТЕПЛИЦЬ	<b>409</b>
<b>Шаповал С. П.</b> ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНИХ ГЕЛІОСИСТЕМ ДЛЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ БУДІВЕЛЬ	<b>416</b>
<b>Шапран О. В.</b> ЕКОЛОГІЧНІСТЬ ЯК НЕОБХІДНА КОМПОНЕНТА БУДІВНИЦТВА ШКІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ	<b>422</b>
<b>Шварценбергер Р., Гламаздин П. М.</b> МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ПОТУЖНОСТІ ЖАРОТРУБНИХ КОТЛІВ ДЛЯ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ	<b>427</b>
<b>Юн Ден, Синь Адам, Низиенко О. Р., Гусак В. С., Недбайло А. Н.</b> АНАЛИЗ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОТЕРМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ «ЧЖУНХЕЙ»	<b>432</b>
<b>Зміст</b>	<b>437</b>
<b>Вимоги до оформлення статей</b>	<b>443</b>

**НАЗВА СТАТТІ** (Times New Roman, 14 пт, напівжирний, по центру)  
(1 інтервал)

*Місце роботи автора, країна* (Times New Roman, 14 пт, курсив, по центру)  
(1 інтервал)

***Анотація мовою статті*** (Times New Roman, 14 пт, напівжирний курсив, з абзацу, по ширині)  
(Інтервал відсутній. Починається текст статті, який відповідає вимогам МОНмолодьспорту України до наукових публікацій, тобто повинен мати відповідну структуру. Шрифт Times New Roman, 14 пт.)

**Постановка проблеми.** Текст ...

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Текст ...

**Формулювання цілей та завдання статті (або Постановка задачі).** Текст

**Основна частина.** Текст статті ... (Times New Roman, 14 пт.)  
(1 інтервал)

Рисунки мають бути чіткими, підготовленими для безпосереднього відтворення (з урахуванням масштабування та у сірих відтінках)

Рис.1. Назва рисунку  
(Вставляється як напис під рисунком. Times New Roman, 12 пт, центровано відносно рисунку)  
(1 інтервал)

Текст статті ... (Times New Roman, 14 пт.)

$$z = f(x, y)$$
 (центровано.) (Times New Roman, 14 пт) (1)

Текст статті ... (Times New Roman, 14 пт.)

(1 інтервал)

(Times New Roman, 14 пт, курсив, по правому краю) *Таблиця 1*

**Назва таблиці** (Times New Roman, 14 пт, по центру)


(1 інтервал)

Текст статті ... (Times New Roman, 14 пт.)

**Висновки.** Текст ... (Times New Roman, 14 пт.)  
(1 інтервал)

**Література** (Times New Roman, 14 пт, напівжирний, по центру)  
(1 інтервал)

1. Підгорний О. Л., Щенетова І. М., Сергейчук О. В., Зайцев О. М., Процюк В. П., Світлопрозорі огороження будинків. Навчальний посібник. К.: Видавець Домашевська О.А. 2005.-282с.

2. ... (Times New Roman, 14 пт, з абзацу, П.І.П. авторів виділити курсивом)  
(2 інтервали)

Додатково подається анотація на інших двох мовах відмінними від мови, якою написана стаття: російською, англійською.

**НАЗВАНИЕ СТАТЬИ** (Times New Roman, 14 пт, напівжирний, по центру)  
***І. О. Фамилия*** (Times New Roman, 14 пт, напівжирний, курсив, по центру)  
(1 інтервал)

Текст анотації ... (Times New Roman 14, з абзацу)  
(1 інтервал)

**TITLE OF THE ARTICLE** (Times New Roman, 14 пт, напівжирний, по центру)  
***Name S. Lastname*** (Times New Roman, 14 пт, напівжирний, курсив, по центру)  
(1 інтервал)

The text of the summary... (Times New Roman 14, з абзацу)

**ЗВЕРНІТЬ УВАГУ! Поля: ліве, праве, нижнє та верхнє – 20 мм, відступи абзаців - 12,5 мм, відстань між рядками – одинарний інтервал. Рекомендований обсяг статті становить 5 повних сторінок.**

УДК ....

(Times New Roman, 14 pt)

**Name Surname**, science degree, position  
(1 spacing)

**Name of the article** (Times New Roman, 14 pt, bold, centered)  
(1 spacing)

*A place of author's work, country* (Times New Roman, 14 pt, italics, centered)  
(1 spacing)

**Abstract in the language of the article...** (Times New Roman, 14 pt, bold, italics, indent)  
(no spacing. The beginning of article content corresponded to the requirements of Ministry of Education and Science of Ukraine for the scientific publications, i.e. it must have an appropriate structure. Font Times New Roman, 14 pt.)

**Statement of the problem.** Text ...

**Analysis of recent research and publications.** Text ...

**Formulating objectives and tasks of the article (or Formulation of the problem).** Text

**Main part.** Text of the article ... (Times New Roman, 14 pt.)  
(1 spacing)

Pictures should be clear, prepared for immediate reconstruction (*based on scaling and in gray shades*)

Figure.1. Name of picture (Times New Roman, 12 pt)  
(Inserted as the inscription under the figure, indent, relative to the figure)

(1 spacing)

Text of the article ... (Times New Roman, 14 pt.)

$z = f(x, y)$  (centered) (Times New Roman, 14 pt) (1)

Text of the article ... (Times New Roman, 14 pt.)

(1 spacing)

(Times New Roman, 14 pt, italics, right-aligned) *Table 1*

**Name of the table** (Times New Roman, 14 pt, indent)


(1 spacing)

Text of the article ... (Times New Roman, 14 pt.)

**Conclusions.** Text ... (Times New Roman, 14 pt.)

(1 spacing)

**Literature** (Times New Roman, 14 pt, bold, centered)

(1 spacing)

1. *Pidgorniy O. L., Shchepetova I. M., Sergeichuk O. V.*, Translucent fencing of homes. Schoolbook. Kyiv: editor Domashevskaya O. A. 2005.- 282p.

2. ... (Times New Roman, 14 pt, indent, Name Surname. authors - italic)

(2 spacing)

Additionally, it is submitting an abstract in two languages different from the language in which article is written:  
Ukrainian, Russian.

**НАЗВА СТАТТІ** (Times New Roman, 14 pt, bold, centered)

***I. П. Прізвище*** (Times New Roman, 14 pt, bold, italics, centered)

(1 spacing)

Текст анотації ... (Times New Roman 14 pt, indent)

(1 spacing)

**НАЗВАНИЕ СТАТЬИ** (Times New Roman, 14 pt, bold, centered)

***И. О. Фамилия*** (Times New Roman, 14 pt, bold, italics, centered)

(1 spacing)

Текст аннотации ... (Times New Roman 14, indent)

**ATTENTION! Margins: left, right, bottom and edge's top – 20 mm,**

**indents – 12,5 mm, distance of the lines – single spacing.**

**Recommended volume of the article is 5 pages.**