



УДК 699.8:728

*В. М. Шахнова, канд.техн.наук, ген.директор ПАТ "КиївЗНДІЕП",  
Н. М. Фіалко, член кор. НАНУ, доктор техн. наук, проф. КПІ,  
Л. Ф. Черних, доктор техн. наук, ПАТ "КиївЗНДІЕП",  
В. К. Черненко доктор техн. наук, проф. КНУБА,  
В. І. Савенко, доктор техн. наук (РФ), ВАТ ДСК-3,  
І. М. Сухоросов, ген.директор ВАТ ДСК-3,  
Л. Г. Ключ, гол.інженер ВАТ ДСК-3*

## ВІД НАУКОВИХ ТЕОРІЙ ДО ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ І ТЕХНОЛОГІЙ

**Постановка проблеми.** Щорічно в Україні на потреби теплозабезпечення витрачається 2500 ГДж (85 млн. тон умовного палива) і споживання енергії продовжує зростати, незважаючи на тенденцію до зниження кількості вироблюваної енергії. Так, за останні роки добуток палива в Україні знизився на 11,2%. В цій ситуації забезпечення комфортних умов в приміщеннях з тривалим перебуванням людей можливе тільки за рахунок застосування енергозберігаючих технологій, зокрема, збільшення опору теплопередачі огорожуючих конструкцій, вдосконалення акумулюючих і енергозберігаючих властивостей споруд, підвищення ефективності систем опалення. На сьогодні витрати енергії на одиницю валового національного продукту в 2-3 рази перевищують відповідні показники економічно розвинутих країн.

Народне господарство України – це складна структура, яка надзвичайно обтяжена галузями важкої промисловості. Так, використання енергоресурсів в Україні характеризується двома головними моментами – відносно високою енергоемністю і диспропорцією між витратами енергії та об'ємом товарів для населення. Таким чином, *проблема енергозбереження є ключовим питанням, вирішення якого веде до розвитку економіки, добробуту суспільства, могутності Української держави. Раціональне використання енергоресурсів – головне завдання сьогодення.*

**Мета роботи** полягає у визначенні основних законів, факторів, закономірностей і інших теплофізичних явищ, які впливають на розробку інженерно-фізичних і технічних розрахунків при проектуванні огорожуючих конструкцій, їх виготовленні і впровадженні при виконанні будівельних і монтажних робіт при зведенні будинків.

**Виклад основного матеріалу.** Досвід передових країн світу, які в період енергетичної кризи 70-х років за 5-6 років скоротили на одну третину витрати енергоносіїв на одиницю ВВП, свідчать про наявність величезних потенціальних можливостей України в найближчі роки. Для вирішення проблем зменшення (скорочення) використання теплоресурсів створюється державна система енергозбереження, в основі якої лежить принцип економічної доцільності. Критерієм цього принципу є положення про економію шляхом енергозбереження на одиницю продукції, яка повинна перевищувати затрати на її реалізацію.

Для того, щоб рівень життя і промислове виробництво в Україні досягло західноєвропейського рівня, необхідно не тільки зменшити витрати енергії, але й підвищити ефективність її використання, щоб не допустити невиправданого збільшення об'ємів виробництва енергії, пов'язаного зі спалюванням великої кількості палива і з забрудненням навколишнього середовища.

Попит на енергоносії в житловому секторі визначається, в основному, потребами в опаленні будівель, використання енергії якими залежить більше від кліматичних умов, ніж від економічного зросту. Використання енергії в цьому секторі збільшувалось на протязі

останніх років разом з розвитком самого сектора. Біля 40% від загальних потреб теплоенергетичних ресурсів припадає на житловий комплекс (на опалення та вентиляцію будівель різного призначення).

Більша частина населення міст України проживає в багатоквартирних панельних будинках, побудованих в період, коли необґрунтовано низькі ціни на енергоносії співпадали з вимогами прискорення будівельних робіт, зменшення вартості, скорочення матеріалоємності та працємісткості будівництва. Тому, втрати енергії в будинках, побудованих 20-30 років назад величезні і потенціал енергозбереження значний.

В країнах Східної і Центральної Європи використання енергії в будівельному секторі економіки суттєво вище, ніж в Західній Європі. Загальна питома потреба житлових будинків в електричній і тепловій енергії на сході Європи *оцінюється на рівні 250-400 кВт ч/м<sup>2</sup>*, в той час як в західноєвропейських країнах цей показник становить *150-230 кВт.ч/м<sup>2</sup> в рік*. В скандинавських країнах добре ізольовані будинки використовують *120-150 кВт-ч/м<sup>2</sup> за рік*, а так звані енергетично ефективні будинки, утеплені особливо ретельно, використовують не більше *60-80 кВт-ч/м<sup>2</sup> в рік*.

Враховуючи різкий дефіцит енергоносіїв, в Україні з 1995 року авторським колективом розроблені і введені в дію нові нормативи питомого теплового потоку в системах опалення житлових і цивільних будівель. В нових контрольних показниках закладено *зниження теплоспоживання в будинках, які будуються за новими проектами, приблизно на 40%* [3].

Тепловий комфорт в приміщеннях забезпечує температура повітря. Вимоги до теплового комфорту визначаються фізіологічними особливостями людини і у всіх країнах світу вони практично співпадають, відрізняючись лише незначними деталями, які відображають кліматичні особливості регіонів або звички громадян.

Оптимальне значення температури повітря в приміщенні для зимового періоду визначено гігієністами на рівні 20-22°C. В той час діючими нормами проектування встановлено, що системи опалення повинні забезпечити в більшості приміщень житлових та цивільних споруд температуру 18°C. Хоча не всі люди позитивно сприймають цю температуру та складна енергетична ситуація не дозволяє її підняти.

Разом з тим, збільшення термічного опору огорожуючих конструкцій будинків значно покращує комфорт в середині приміщень, які обігріваються без підвищення температури повітря. При цьому підвищується радіаційна температура. Під радіаційною температурою розуміють середньозважену температура всіх поверхонь приміщення. В будинках з низьким рівнем теплоізоляції зовнішніх стін, вікон та підлоги радіаційна температура знижена, тому для зберігання рівня теплового комфорту необхідно додатково підвищувати температуру повітря в приміщеннях, що веде до зростання споживання теплової енергії.

**В результаті досліджень** було з'ясовано, що підвищення радіаційної температури приміщення на один градус при покращенні теплотехнічних характеристик зовнішніх огорожуючих конструкцій дозволяє досягти такого ж рівня теплового комфорту, який можна було б забезпечити при збільшенні температури повітря в приміщенні приблизно на два градуси. Тому найголовнішим завданням при спорудженні житлових будинків є покращення теплотехнічних властивостей всього комплексу їх огорожуючих елементів (стін, вікон, стиків, підлоги підвалу, горища).

Автори роботи, спеціалісти ВАТ"ДБК-3", ІТТФ НАНУ і КНУБА, продовжують працювати над підвищенням теплозахисних характеристик огорожуючих конструкцій з метою зменшення тепловитрат будівель і захисту житла від сонячної радіації і спеки, що особливо важливо в умовах глобального потепління. В процесі виконання роботи були виявлені універсальні загальні закономірності, які *викладені в теорії локалізації* [1]. Знання фундаментальних законів явищ переносу дає можливість ефективного вирішення проблем теплозахисту конструкцій і споруд.



Було проведено ряд пошуків та лабораторних досліджень, що дало змогу розробити та впровадити нові, більш енергозберігаючі огорожуючі конструкції у вигляді тришарових зовнішніх стінових панелей з підвищеним коефіцієнтом опору теплопередачі, та запропонувати і, вперше в Україні в м. Києві, впровадити навісні вентильовані фасади, що дало змогу вирішити давню і злободенну проблему затікання та промерзання стиків і зовнішніх стін в масовому житловому будівництві. Будинки стали *енергоекономічними* – “теплыми” взимку і захищеними від сонячної радіації і спеки влітку в умовах глобального потепління [2].

#### **Загальні висновки.**

1. Визначено і розроблено комплекс теплофізичних явищ теплообміну, які відбуваються в зовнішніх огорожуючих конструкціях житлових і цивільних будинках і спорудах *на базі створеної нової наукової теорії, названою теорією локалізації*, основні особливості і принципи якої полягають у наступному [1]:

- представлена узагальнена форма факту реалізації в багатомірних процесах переносу явищ просторової і часової локалізації впливу особливостей умов однозначності;
- розкриті основні закономірності явищ стабілізації і зниження розмірності багатомірних процесів та вказаних видів трансформації даних процесів переносу. (Основні положення розробленої методики побудови розв’язання задач теплопровідності і конвекторного теплообміну, а для інженерних розрахунків сама методика наведена у роботі);
- розкритий принцип заміщення локалізованих умов однозначності і аналіз різноманітних можливостей його використання. (Результати дослідження впливу цілого ряду заміщень різних умов однозначності на якісні та кількісні характеристики процесів теплопереносу в шарово-неоднорідних системах при імпульсному періодичному нагріванні наведено у роботі).

2. Розроблена уточнена фізична модель теплообмінних процесів, що враховує сумісну дію нестационарного променистого теплообміну між підлогою, огорожуючими конструкціями і повітрям в приміщенні, процеси акумуляції тепла огорожуючими конструкціями залежать від температури та коефіцієнтів променистої і конвекційної тепловіддачі на внутрішніх поверхнях огорожень, теплопередачу через зовнішні стіни з урахуванням нестационарних умов як в середині, так і зовні приміщень.

На основі фізичної моделі теплообмінних процесів в приміщенні визначені математичні моделі нестационарного теплопереносу в приміщеннях та проведено широке комплексне математичне моделювання їх температурних режимів для різних кліматичних умов регіонів України.

3. Розроблено аналітично-числовий метод розв’язання задач визначення теплових режимів з одно- та багатошаровими зовнішніми огорожуючими конструкціями з різними системами опалення на основі застосування методу кінцевих інтегральних перетворень, який має наступні особливості:

- поліпшення збіжності рядів, що визначають розв’язки задач теплового стану приміщень з одношаровими огорожуючими конструкціями;
- можливість зведення вихідної задачі з багатошаровими конструкціями до системи інтегральних і інтегро-диференціальних рівнянь з використанням їх при розв’язуванні модифікованих квадратних формул Ньютона-Котеса з експоненціальною ваговою функцією, яка покращує збіжність рядів інтегральних ядер;
- програмованого забезпечення числової реалізації розробленого аналітично-числового методу.

4. Визначені характеристики і особливості різних видів енергоощадливих теплоакумуючих технологій опалення житлових і громадських будинків, які впливають на розробку **енергозберігаючих конструкцій**, в тому числі підлогового теплоакумуляційного електроопалення будинків, регламентованого ДБН В.2.5-24-2003 «Електрична кабельна система опалення» та «Методичних рекомендацій з вибору типів підлогових ЕКСО-ТА і енергоощадливих режимів їхньої роботи в житлових і громадських будинках для всіх температурних зон України».

При цьому на основі виявлених характеристик і особливостей на базі теорії теплостійкості конструкцій акад. Ликова А.В. розроблено програмне забезпечення для вибору при проектуванні раціональних конструкцій і режимних характеристик підлогового теплоізоляційного електроопалення, яке забезпечило (разом з використанням унікального автоматизованого дослідницького кліматичного комплексу КиївЗНДНІЕП, який дозволяє проводити експериментальні випробування теплових режимів приміщення при різному їх розташуванні відносно фасаду будинків та при різних видах систем опалення в умовах близьких до натурних) експериментальне підтвердження в акумулюванні тепла не тільки підлог, а й усіх огорожень і відповідність розрахункових та експериментальних даних по температурах та теплових потоках, що складає відповідно 3,0 і 6,1 %.

Для даних розрахунків ці ознаки є цілком задовільними, що підтверджено і економічним ефектом від впровадження систем електроопалення (при проектуванні та монтажі теплоакумуляційних систем у 9-ти загальноосвітніх школах) в Хмельницькій області, який склав 96210 грн. на 1 рік.

5. Колективом авторів, крім вище відзначених робіт, розроблено і впроваджено [2-5]:

- нові типи ефективних енергозберігаючих огорожуючих конструкцій (зовнішніх стін, стиків, вікон, підлог і т.д.), які мають значно кращі показники опору теплопередачі порівняно з відомими;
- методики, прилади, комплексний інструментарій, унікальну кліматичну камеру і експериментальний комплекс для проведення фундаментальних досліджень в галузі теплофізики огорожуючих конструкцій;
- проекти будівництва житлових будинків з використанням огорожуючих енергозберігаючих конструкцій нового типу;
- технологію виготовлення тришарових зовнішніх стінових панелей на зв'язках і технологію будівельно-монтажних робіт з використанням ефективних конструкцій і систем для енергозберігаючих житлових будинків;
- нові нормативи опору теплопередачі зовнішніх огорожуючих конструкцій (ДБН В.2.6-31.2006 «Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель») для широкомасштабного впровадження в Україні на базі цих нормативів, розроблено і впроваджено нову нормативно-технічну документацію: *інструкції, калькуляції трудових матеріальних затрат, проекти виконання робіт, технологічні карти (починаючи з виготовлення залізобетонних виробів і закінчуючи монтажем на будівельних майданчиках)*;
- навчальні програми для ІТП і обслуговуючого персоналу, які використовуються на практиці;
- спеціальну систему управління якістю, що відповідає міжнародному стандарту ISO 9001:2008, яка відзначена міжнародним сертифікатом «Визнання досконалості в Європі», а також міжнародною нагородою за успіхи в будівництві «Платинова зірка», дипломами лауреатів 13-го та 15-го національного конкурсу з якості і диплом фіналіста 4-го міжнародного турніру з якості (2008р., 2011р.).
- за новими технологіями збудовано і введено в експлуатацію житлові будинки з ефективними енергозберігаючими огорожуючими конструкціями більше 127 будинків (загальною площею 2750164 м<sup>2</sup>), за доступними цінами, а умовний економічний ефект для власників квартир склав по збереженню енергоресурсів



більше, ніж на 301 млн. грн. Тільки в 2008 році із застосуванням енергозберігаючих технологій збудовано більше 90 тис.м<sup>2</sup> соціального житла за державними соціальними програмами.

### *Література*

1. Прокопов В. Г., Фиалко Н. М., Шеренковский Ю. В. Основы теории локализации: Киев: Ин-т технической теплофизики НАН Украины, 2003, - 200 с. 66 ил.
2. Савенко В. І., Фіалко Н. М., Дорошенко В. О, Черних Л. Ф., та інші. Енергосбереження в будівництві. – Вид. УАН ТОВ «НВП «ВІР». – К., 2008. – 200 с.
3. Технологія будівельного виробництва/В. К. Черненко, М. Г. Ярошенко, Г. М. Батура та ін.. За ред. В. К. Черненка, М. Г. Ярошенка. – К.: Вища школа, 2002. – 430 с.
4. Черненко В. К., Савенко В.І., Кривенко Ю. П., Бурлака П. О. Особливості властивостей огорожуючи конструкцій і напрямки їх вдосконалення. – КНУБА. «Містобудування та територіальне планування» Випуск 17. – К.: 2004. – 8 с.
5. Технологія монтажу будівельних конструкцій /В. К. Черненко, О. Ф. Осипов, Г. М. Тонкачєв та інші; За ред. В. К. Черненко. – Горобець Г. С., 2010. – 372 с.