**РЕФЕРАТ**

роботи **«Енергоефективні технології прискореного зведення об’єктів промислового та цивільного будівництва»**

В будівельному секторі економіки України споживається близько третини енергоресурсів від загальної потреби країни і концентруються значні матеріальні та людські ресурси. З огляду на наявний дефіцит енергоресурсів в Україні велике значення має **підвищення енергоефективності будівельних технологій** і власне **будівель**. До того ж важливою є **економія матеріальних ресурсів** в будівництві та реалізація **прискореного зведення будівельних об’єктів**, тобто зростання темпів будівництва.

За цих умов виникає потреба у **створенні нових** та **вдосконаленні наявних енергоощадних технологій** будівництва, у розробці нових теплозахисних огороджувальних конструкцій, **високоефективних будівельних матеріалів**, зокрема, композиційних тощо.

До актуальних проблем будівельного сектору відноситься також розробка **енергоефективних систем опалення**. Потребують подальшого розвитку і вдосконалення **будівельні норми** щодо енергоефективності будинків та теплової надійності огороджувальних конструкцій, норми щодо сучасних систем опалення та ін.

Особлива увага має приділятися **підвищенню якості будівництва** і виконанню робіт в рамках вимог відповідних міжнародних систем якості.

Вказані положення актуальні для зведення об'єктів як промислового, так і цивільного будівництва.

З огляду на вищевказане **мета даної роботи полягає у розробці науково-технічних основ комплексу енергоефективних ресурсоощадних технологій прискореного зведення об'єктів промислового і цивільного будівництва, створенні енергоощадних теплозахисних огороджувальних конструкцій, сучасних композиційних будівельних матеріалів, прогресивних технологій опалення будівель, розвитку відповідних будівельних норм і широкомасштабному впровадженні запропонованих інноваційних технологій, конструкцій і матеріалів.**

В період з 1988 по 2013 р. науковцями Інституту технічної теплофізики НАН України, Науково-дослідного інституту будівельних конструкцій та Українського зонального науково-дослідного і проектного інституту по цивільному будівництву разом з компанією «МСБУД», ДБК-3 було проведено комплекс наукових досліджень, низку конструкторських та технологічних робіт, за результатами яких розроблено та широко впроваджено ряд нових та вдосконалено наявні будівельні технології, матеріали, конструкції та системи опалення. Поряд з цим було суттєво вдосконалено нормативне забезпечення енергоефективності будівель.

Більшість з виконаних розробок є **наукоємними**, потребують при їх реалізації поглибленого наукового супроводу і відповідного інженерного забезпечення та залучення висококваліфікованих фахівців.

Практично всі виконані розробки відносяться до **енерго- та ресурсоощадних**, реалізуються з меншими витратами трудових ресурсів, ніж при застосуванні традиційних аналогів, і характеризуються **високими** **темпами будівництва**.

***Наукова новизна роботи***

1. **Розроблено узагальнені теоретичні підходи до розв’язання складних багатовимірних нестаціонарних задач будівельної теплофізики на основі теорії локалізації і класу методів поліаргументних систем, що суттєво підвищує ефективність моделювання відповідних процесів переносу.** При цьому:
   1. Сформульовано основі положення **теорії локалізації** та запропоновано **систему принципів** даної теорії, яка включає: а) принцип відносної локалізації умов однозначності; б) принципи трансформації багатовимірних процесів – принцип виродження розмірності і принцип стабілізації; в) принцип заміщення локалізованих умов однозначності.
   2. **Розроблено спеціальний клас методів – методи поліаргументних систем**, призначених для розв’язання складних задач будівельної теплофізики. Запропоновано різні модифікації даного методу, такі як прямі, рекурентні методи, інтегральні та методи координатних решіток, та показана висока ефективність даного класу методів і, насамперед, щодо його адаптивних властивостей по відношенню до багатовимірних задач будівельної теплофізики.
   3. Виконано комплекс теоретичних **досліджень тепломасопереносу** в **елементах будівельних конструкцій** і в умовах реалізації ряду **прогресивних** будівельних **технологій** на основі різних модифікацій методів поліаргументних систем з застосуванням положень теорії локалізації.
2. **Розроблено та вдосконалено комплекс високоефективних технологій прискореного будівництва, створено сучасні будівельні композиційні матеріали і загальні підходи до зведення промислових об’єктів**.

2.1. Розроблено наукові основи **нової технології прискореного формування покриттів** підвищеної якості шляхом нанесення поверхневого **зміцнюючого шару на свіжесформовану поверхню бетонної суміші** для підлог та майданчиків.

*Застосування даної технології дозволяє* ***прискорити укладання бетонної суміші з поверхневим шаром у 3-5 разів.*** *До того ж при цьому суттєво* ***покращується якість*** *покриття, оскільки воно наноситься на свіже сформовану поверхню бетонної суміші, а не на поверхню матеріалу, що вже пройшов початкові фази твердіння, як це має місце в традиційних варіантах технології. Запропонована технологія на відміну від традиційних не потребує застосування додаткових заходів для покращення адгезії системи «покриття – бетон». Розроблена технологія реалізується із використанням кращих світових зразків сучасної будівельної техніки: бетоноукладача з лазерним управлінням «LASER SCREED», машини для рівношарового нанесення сухих зміцнюючи сумішей «SPIDER» тощо.*

* 1. Розвинуто науково-технічні основи **прискореної** **технології підсилення (стабілізації)** ґрунтів цементом або негашеним вапном із застосуванням **ферментних** **препаратів**, в тому числі отриманих з використанням нанотехнологій.

*У Вінницькій, Київській та Житомирській областях виконано комплекс натурних досліджень щодо впливу на характеристики деформування ґрунтів різних чинників: вмісту цементу (3-5%), типу ферментного препарату (дорзін, матеріали на основі нанотехнологій), типу ґрунту основи, різних домішок до ґрунтів (гранітний відсів, шлак, каолін, пісок та ін.)тощо. Технологія забезпечує суттєве* ***прискорення будівництва*** *та значну* ***економію будівельних матеріалів*** *за рахунок використання* ***місцевих ресурсів.*** *Застосування технології дозволяє збільшити несучу здатність ґрунтів – в 1,6 ÷ 2,4 рази при їх підсиленні та в 2,0 ÷ 4,0 рази при стабілізації.*

* 1. Розроблено науково-технічні положення **вдосконаленої прискореної технології** спорудження **безшовних підлог та майданчиків** із застосуванням нових композиційних матеріалів та таких технічних засобів для облаштування зон компенсації динамічних, надлишкових статичних та коливальних напружень, як ω-профілі та металеві закладні деталі оригінальних конструкцій.

*Застосування цієї технології дозволяє збільшити площу карти бетонування у 30-36 разів у порівнянні з традиційною технологією, за якою дана площа становить лише 6х6м. Це забезпечує* ***прискорення укладання бетонного покриття в 2,5-3 рази*** *та здешевлення будівництва на 3-5%. Застосування даної технології дозволяє також суттєво покращити* ***якість підлоги****, зокрема,* ***зменшити кількість дефектів*** *поверхневого бетонного покриття* ***у 4-6 разів, що значно знижує*** *експлуатаційні витрати і підвищує довговічність споруд.*

2.4*.*В результаті проведення комплексу експериментальних досліджень розроблено новий **високоефективний композиційний будівельний** **матеріал** “матриця – бетон різних класів, наповнювач – **фібра з базальтового волокна нового покоління з діаметром волокна мікронних розмірів**”.

*Показано, що при будівництві підлог та майданчиків найефективнішою фіброю для проектування композиційних матеріалів є базальтова фібра нового покоління. При ідентичних фізико-механічних властивостях композитів* ***вміст*** *даної базальтової* ***фібри на одиницю виробу є в 10-12 разів меншим*** *ніж традиційної металевої фібри. Крім того, застосування базальтової фібри нового покоління у порівнянні з іншими типами фібр забезпечує суттєво більш рівномірний розподіл фібри в масиві бетонних виробів, а відтак і більшу однорідність властивостей виробу, значно покращені антикорозійні властивості порівняно з використанням найпоширенішої металевої фібри тощо.* ***Вартість наповнювача*** *з базальтового волокна нового покоління в* ***2,2-4,8 рази менша****, ніж традиційних наповнювачів.*

* 1. **Розвинуто підхід** до **прискореного будівництва** підлог та майданчиків на основі так званого **комбінованого зонного армування**, коли підсиленню підлягають лише окремі найбільш динамічно і статично навантажені ділянки. Експериментально перевірено можливість застосування різних варіантів такого зонного армування (стержнева арматура різних величин діаметрів і (або) чарунок, стержнева арматура і фібра, фібра різного типу та вмісту, різна товщини бетонного покриття тощо).
  2. Розроблено **класифікацію похибок**, які виникають **при бетонуванні з застосуванням бетоноукладачів**, визначена їх інтегральна величина при використанні різних технологій укладання бетонної суміші, а також при різних товщинах бетонного покриття. Показано **шляхи мінімізації** цих похибок.

1. **Розроблено наукові основи енергоощадного теплозабезпечення виробничих тваринницьких комплексів на базі комбінованих систем опалення із застосуванням локального інфрачервоного нагріву та фонового повітряного опалення.**

3.1. За результатами теоретичних досліджень теплового стану тваринницьких сільськогосподарських приміщень різного призначення, розроблено **ряд нових наукових положень** у вигляді:

а) **сукупності уточнених математичних моделей**, побудованих із застосуванням **теорії графів**;

б) **спеціалізованих методик розрахунку** теплових параметрів технологічних зон;

в) **встановлення загальних закономірностей** впливу на теплові характеристики досліджуваних процесів конструктивних та режимних параметрів систем опалення.

* 1. Виконано комплекс експериментальних **досліджень теплових режимів** різних типів сільськогосподарських приміщень (**пташників, свинарників, корівників**) в широкому діапазоні зміни таких параметрів, як теплова потужність інфрачервоного нагрівача (від 400 до 1200 Вт), швидкість руху повітря в технологічній зоні (від 0,1 до 0,5 м/с), висота встановлення інфрачервоного нагрівача (від 1,0 до 2,0 м), поглинаюча здатність поверхні опромінення (від 0,3 до 0,92) та ін.
  2. На основі розрахункових та експериментальних досліджень встановлено **закономірності зміни теплових характеристик технологічних зон приміщень вирощування птиці, цехів поросят і свиноматки та зон перебування молодняка великої рогатої худоби**.
  3. Показано, що застосування комбінованих систем теплопостачання у порівнянні з традиційним конвективним повітряним опаленням забезпечує **зниження витрат електроенергії** на функціонування систем для пташників, цехів поросят і свиноматки та телятників відповідно на **17 – 20%, 25 – 30% та 20 – 25%**.

1. Розроблено теплофізичні основи технології енергоощадного теплоакумуляційного підлогового електроопалення для промислових та цивільних об’єктів.

4.1. Для приміщень, обладнаних підлоговими теплоакумуляційними системами електроопалення, розроблена уточнена фізична модель теплообмінних процесів, яка враховує сумісну дію променистого і конвекційного теплообміну між підлогою, огороджувальними конструкціями і повітрям в приміщенні, процеси акумуляції тепла опалювальною підлогою та іншими огороджувальними конструкціями, залежність від температури коефіцієнтів променистої і конвективної тепловіддачі на внутрішніх поверхнях огороджень, теплопередачу через зовнішні стіни з урахуванням нестаціонарних умов як усередині, так і зовні приміщень і таке інше.

4.2. Розроблено аналітично-чисельний метод розв'язку задач визначення теплових режимів приміщень з одно- та багатошаровими зовнішніми огороджувальними конструкціями з підлоговою системою теплоакумуляційного електроопалення на основі застосування кінцевих інтегральних перетворень. Найважливішими особливостями цього методу є:

* застосування запропонованої спеціальної процедури поліпшення збіжності рядів, що визначають розв'язки задач теплового стану приміщень з одношаровими огороджуючими конструкціями;
* зведення вихідної задачі з багатошаровими конструкціями до системи інтегральних і інтегро-диференціальних рівнянь з використанням при їх розв'язуванні модифікованих квадратурних формул Ньютона-Котеса з експоненціальною ваговою функцією, яка покращує збіжність рядів інтегральних ядер.

4.3. На основі теорії теплостійкості конструкцій акад. Ликова А.В. і розробленого програмного забезпечення запропоновано підхід до вибору раціональних конструктивних і режимних характеристик підлогового теплоакумуляційного електроопалення приміщень:

* виду матеріалу теплоакумулюючого шару підлоги, яким є важкий бетон з коефіцієнтом теплозасвоєння в діапазоні 0,095÷0,101 м, що дорівнює товщині шару різких коливань температури;
* вибору товщини теплоакумулюючого шару електропідлоги;

- принципів застосування систем додаткового опалення для підтримання нормованих і комфортних температурних режимів приміщення протягом всієї доби.

4.4. Створено унікальний автоматизований кліматичний комплекс КиївЗНДІЕП, який дозволяє проводити експериментальні випробування теплових режимів приміщень при різному їх розташуванні відносно фасаду будинків та при різних видах систем опалення в умовах, близьких до натурних. Розроблена методика експериментальних досліджень температурного режиму таких приміщень, на основі якої експериментально підтверджено участь в акумулюванні тепла не тільки підлоги, а й усіх огороджень, та показано позитивний вплив добових коливань температури повітря зовні будинків на нестаціонарний тепловий режим приміщення при підлоговій системі теплоакумуляційного електроопалення.

4.5. Експериментально визначено методи забезпечення нормованих і комфортних теплових умов у приміщеннях, що обладнані системою теплоакумуляційного підлогового електроопалення, для різних кліматичних зон України.

1. **Для умов прискореного панельного будівництва соціально-доступного житла розроблено науково-технічні основи створення енергоощадних огороджувальних конструкцій будинків та їх елементів і технологій облаштування цих конструкцій.**

5.1. На основі комплексу виконаних теоретичних, експериментальних досліджень на натурних випробувань **вперше в Україні**:

а) **розроблено новий тип тришарових зовнішніх стінових панелей** із застосуванням високоефективних утеплювачів;

б) обґрунтовано **перехід** від недосконалих в тепловому відношенні **конструкцій з жорсткими зв’язками** між зовнішніми і внутрішніми шарами панелі (які є мостиками холоду) до **ефективних гнучких зв’язків**;

в) суттєво удосконалено **технології улаштування зовнішніх стиків** із застосуванням нових прогресивних матеріалів.

г) виконано комплекс досліджень, пов’язаних **із зменшенням теплових втрат через вікна**.

5.2. За результатами проведених досліджень вперше в житловому будівництві України розроблено конструкцію і прискорену технологію улаштування зовнішніх стін будинків і споруд з **використанням навісних вентильованих теплоізоляційних систем.**

*При влаштуванні вентильованого термофасаду забезпечується постійний вертикальний рух повітря у повітряному прошарку, що дозволяє ефективно видаляти вологу як із несучої стіни, так і з утеплювача, що підвищує ефективність термоізоляції будівлі. Крім того має місце зменшення тепловтрат внаслідок виникнення ефекту «повітряної завіси», оскільки температура повітряного потоку на 2-3 оС вища ніж зовнішнього повітря. За таких умов точка роси зміщується в зовнішній теплоізоляційний шар і внутрішня частина стіни не відсиріває та не потребує додаткової пароізоляції*

6. **Створено методологію побудови та розвитку нормативної бази з питань енергоефективності будівель та методичні положення проектування теплоізоляційної оболонки будинків при новому будівництві і реконструкції**. При цьому:

6.1. Розроблено **системний комплекс нормативних документів**, яким встановлюються обов’язкові вимоги з енергетичної безпеки, нормування фізичних показників енергоефективності на стадії проектування будівельних об’єктів, експериментального їх виготовлення та використання, при введенні будинків в експлуатацію та в процесі експлуатації будинків, методи випробувань і критерії оцінки відповідності будівельних виробів та об’єктів за показниками енергетичної ефективності.

6.2. Розроблено низку документів **рівня державних будівельних норм** (ДБН), в яких встановлюються обов’язкові умови забезпечення показників енергетичної безпеки будинків, та **національних стандартів** (ДСТУ) на методи визначення цих показників експериментальним або розрахунковим шляхом.

6.3. Розроблено основні положення **процедури енергетичної паспортизації будівель.**

***Практична значимість роботи***

1. Вперше в Україні практично в усіх регіонах широко впроваджено запропоновані **прискорені технології спорудження** бетонного покриття майданчиків і підлог, в тому числі шляхом **нанесення поверхневих зміцнюючих** шарів на **свіжесформовану поверхню бетону**. На основі даної технології побудовано більш **ніж 800 тис.м2** підлог для промислових підприємств, торгівельних, логістичних центрів та майданчиків. (*Птахофабрика ВП «Вінницький бройлер»; ВАТ «Миронівський хлібопродукт», м. Ладижин; цех з випуску будівельних матеріалів ТОВ «Хенкель Баутехнік», м. Миколаїв Львівської обл.; насіннєвий завод ТОВ «Сесвандерхаве Україна», с. Гоголів, складський комплекс «Геламко», Макарівський район Київської обл.; завод з виробництва МДФ, ТОВ «АРТ Прогрес», м. Коростень, Житомирської обл.; механозбірний завод ЗАТ «Камоці-пневматик Україна», м. Сімферополь; завод з забою птиці ВАТ «Миронівський хлібопродукт» с. Степанці, Маслоекстракційний завод, смт. Ерки Черкаської обл.; комплекс виробництва печива «Крафт Фудз Україна», м. Тростянець Сумської обл.; складський комплекс «Енергопромстрой», м. Дніпропетровськ; логістичний центр ВАТ «Миронівський хлібопродукт», м. Харків; підлога Одеського припортового заводу, м. Південне; торгівельний комплекс, м. Чернівці; будівництво бетонних підлог ЗАТ «Снятинська птахофабрика», Івано-Франківська обл.; підлога котельні м. Кіровоград; підлога пивзаводу, м. Миколаїв тощо.*
2. Виконано цикл робіт за розробленою **прискореною технологією з підсилення (стабілізації) ґрунтів** **основ майданчиків і підлог** цементом (негашеним вапном) з використанням ферментних препаратів на таких об’єктах: с*кладський корпус «Кросс-докінг», майданчиків в АЙС Терміналі «Інлайн», смт. В.Димерка; виробничо-логістичний комплекс, м. Бровари. Київської обл..; торгівельно-розважальний центр «ЖМК», м. Житомир.*
3. Впроваджено розроблену вдосконалену **прискорену, ресурсоощадну технологію спорудження безшовних підлог та майданчиків** з картою бетонування 1080 м2 для майданчиків та 1296 м2 для підлог, (*торгівельно-розважальний центр «ЖМК», м. Житомир; логістичний центр ТОВ «Рабенестейт» смт. В.Димерка Київської обл. тощо*).
4. При будівництві Вінницького молоко-консервного комбінату корпорації «ROSHEN» і ВП «Вінницький бройлер ВАТ «МХП», м. Ладижин, вперше широко **застосовано запропонований новий композитний будівельний матеріал із застосування базальтового волокна нового покоління з діаметром волокна мікронних розмірів.**
5. При будівництві низки промислових об’єктів **реалізовано** розвинутий авторами даної роботи **підхід до прискореного будівництва** підлог та майданчиків на базі **комбінованого зонного армування** (*складські комплекси «БІОКОН», с. В. Олександрівка, «Рейнарс Україна» смт. В. Димерка; бетонний завод м. Бородянка, логістичний центр «Астра ТОВ «Юпітер», с. Софіївська Борщагівка Київської обл.; складський комплекс «Транс-Оболонь» м. Київ тощо*).
6. **Будівельна компанія ТОВ «МСБУД» понад 10 років тому повністю перейшла на спорудження огороджувальних конструкцій із застосуванням енергоощадних швидко монтованих сендвіч-панелей. За цією технологією побудовано десятки крупних промислових підприємств, ТОВ «МСБУД» побудовано також завод з виробництва сандвіч-панелей «Рууккі Україна» в Київській обл.**
7. Результати розроблених технічних рішень **енергоощадних комбінованих систем теплозабезпечення на основі інфрачервоного нагріву для виробничих** **тваринницьких комплексів** впроваджено на підприємствах ПСП «Колос» (с. Гільча Друга Здолбунівського району Рівненської області), ТОВ «Мост-Лев-Рось» (с. Ніговичі Мостиського району Львівської області), ТОВ «Довіра» (с. Липники Мостиського району Львівської області) та ін.
8. Розроблені **методичні рекомендації з вибору типів енергоощадного теплоізоляційного підлогового електроопалення** і режимів його роботи передано і використовуються базовим з електроопалення будинків НВП «Елетер» при Мінрегіонбуді України та ТОВ «Київпромелектропроект». Дана технологія опалення впроваджена, зокрема, у 9-ти загальноосвітніх школах Хмельницької обл..
9. Із застосуванням **нових типів зовнішніх огороджувальних конструкцій і технологій їх облаштування** побудовано 137 будинків, **загальною площею більше 2,9 млн. м2** соціально-доступного житла, що приблизно в три рази перевищує річний обсяг будівництва житла в м. Києві.
10. Розроблено **25 нормативних документів**, що входять до **вітчизняної нормативної бази** **з енергоефективності будівель**.
11. ТОВ «МСБУД» та ПАТ «ДБК-3» в 2003 р. одні з перших в будівельній галузі України **сертифікували систему управління якості** у **відповідності з міжнародним стандартом ISO** **9001:2000** (пройшли ресертифікацію по ISO 9001:2008) і працюють в рамках вимог міжнародної системи якості.

По роботі захищено **5 докторських дисертацій**. Результати досліджень за темою роботи та матеріали щодо їх практичного застосування висвітлено більше ніж у **300** науково-технічних працях, в тому числі у **7 монографіях** та **15 патентах** і авторських свідоцтвах на винахід. Робота, або її окремі складові частини пройшли апробацію більш ніж на **110** наукових конференціях, семінарах та демонструвалася на виставках різного рівня.

1. Фіалко Наталія Михайлівна ………………………

2. Прокопов Віктор Григорович ………………………

3. Фаренюк Геннадій Григорович ………………………

4. Малик Микола Миколайович ……………………….

5. Мельник Василь Капітонович ……………………….

6. Черних Людмила Федорівна ……………………….

7. Савенко Володимир Іванович ……………………….

8. Сухоросов Іван Михайлович ………………………..

9. Клюс Леонід Галінович ………………………..

В.о. директора ДП НДІБК

д-р техн. наук, професор Ю.І. Немчинов