



ENERGY
RESOURCES
ECOLOGY

**РОБОЧА ПРОГРАМА
ТА ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ**

УКРАЇНА
КИЇВ
27-29
листопада
2024

МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА
КОНФЕРЕНЦІЯ

ЕНЕРГІЯ. РЕСУРСИ. ЕКОЛОГІЯ

БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНІ ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЕФЕКТИВНІ
ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ В АРХІТЕКТУРІ
ТА БУДІВНИЦТВІ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВАРШАВИ, РЕСПУБЛІКА ПОЛЬЩА
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЛЮБЛІНА, РЕСПУБЛІКА ПОЛЬЩА
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЧЕНСТОХОВА, РЕСПУБЛІКА ПОЛЬЩА

ERE-2024



КИЇВСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА
І АРХІТЕКТУРИ



ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
ВАРШАВИ



ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
ЛЮБЛІНА



ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
ЧЕНСТОХОВА

РОБОЧА ПРОГРАМА ТА ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ V-ї МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

ЕНЕРГІЯ. РЕСУРСИ. ЕКОЛОГІЯ

БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНІ ЕКО - та ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ,
РЕУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ
В АРХІТЕКТУРІ, БУДІВНИЦТВІ ТА СУМІЖНИХ ГАЛУЗЯХ

КИЇВ
27-29 листопада 2024

КЕРІВНИЦТВО КОНФЕРЕНЦІЇ

Олексій ДНІПРОВ, ректор КНУБА, Україна – голова

Олександр ПРИЙМАК, декан факультету, КНУБА, Україна – заступник голови

Члени наукового комітету:

Борис БАСОК – Україна;	Нуртач ОЗ – Туреччина;
Марія ВАЛЕРІ – Польща;	Анжей ОСЯДАЧ – Польща;
Олексій ВАСІЛЬЄВ – США;	Яніна ПІКУТІН – Польща;
Олена ВОЛОШКІНА – Україна;	Костянтин ПРЕДУН – Україна;
Валентин ГЛИВА – Україна;	Тетяна ПРИХНА – Україна;
Гіві ГАВАРДАШВІЛІ – Грузія;	Ярослав РОМАНЮК – Швейцарія;
Микола ГОМЕЛЯ – Україна;	Генрік СОБЧУК – Польща;
Степан ЕПОЯН – Україна;	Лариса САБЛІЙ – Україна;
Василь ЖЕЛИХ – Україна;	Тетяна ТКАЧЕНКО – Україна;
Геннадій ЖУК – Україна;	Ованес ТОКМАДЖЯН – Вірменія;
Олександр КОВАЛЬЧУК – Україна;	Адам УЙМА – Польща;
Геннадій КОЧЕТОВ – Україна;	Малгожата УЛЕВИЧ – Польща;
Тетяна КРИВОМАЗ – Україна;	Наталія ФІАЛКО – Україна;
Микола КРУПА – Україна;	Мацей ХАЧИКОВСЬКИЙ – Польща;
Микола КУЗЬ – Україна;	Сорая ХЕЙС-АСБІШЕР – Німеччина;
Сергій МАРТИНОВ – Україна;	Віктор ХОРУЖИЙ – Україна;
Віктор МІЛЕЙКОВСЬКИЙ – Україна;	Томаш ХОЛЕВА – Польща;
Мустафа МУСТАФАЄВ – Азербайджан;	Анета ЧЕХОВСЬКА-КОСАЦЬКА – Польща

РЕГЛАМЕНТ

27 листопада (середа)

10:00 – 12:00	Відкриття конференції, пленарне засідання
13:00 – 16:00	пленарне засідання

28 листопада (четвер)

10:00 – 12:30	I секційне засідання
12:30 – 16:00	II секційне засідання

29 листопада (п'ятниця)

10:00 – 12:00	III секційне засідання
12:00	Прийняття рішення та закриття конференції

ПАРТНЕРИ КОНФЕРЕНЦІЇ:



Спілка екологів України
The Society of Ecologists of Ukraine



РОБОЧА ПРОГРАМА ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

Пленарні доповіді:

1. **Борис БАСОК**, член кореспондент національної Академії наук України, доктор технічних наук, професор, Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ, Україна

Борис ДАВИДЕНКО, доктор технічних наук, професор, Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ, Україна

Інноваційні віконні конструкції для відновлення пошкоджених війною будівель

2. **Микола КРУПА**, доктор фізико-математичних наук, Інститут магнетизму НАН і МОН України

Олександр ПРИЙМАК, доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

Сергій КОНОПЛЮК, доктор фізико-математичних наук
Інститут магнетизму НАН і МОН України

Термоелектричні джерела енергії

3. **Nasrin Arjomand KERMANI** Senior Researcher, Mechanical designer and Energy specialist, Technical University of Denmark

Production and Use of Thermal Energy: Heating and Gas Supply

4. **Олександр КРАВЧЕНКО**, доктор технічних наук, Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

Будівельні норми для проектування зовнішніх мереж водопостачання та водовідведення в Україні: актуальність, проблеми та перспективи

5. **Andrzej LANGE**, Doctor of Engineering

Krzysztof WOŁODKIEWICZ, Master of Science in Environmental Engineering, Instal-Audyt, Poland

Energy transformation of public buildings using high-efficiency cogeneration

6. **Тетяна ПРИХНА**, докторка технічних наук, академік НАНУ, Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України

Геннадій КОЧЕТОВ, доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури

Комплексна ресурсозберігаюча переробка відходів гальванічних виробництв

7. **Валентин ГЛИВА**, доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури

Розроблення і дослідження захисних властивостей матеріалів для блокування інфрачервоних випромінювань

8. **Лариса САБЛІЙ** докторка технічних наук, професорка, НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Перспективи використання іммобілізованих мікроорганізмів на носіях різних типів в біологічному очищенні стічних вод

9. **Тетяна ТКАЧЕНКО**, докторка технічних наук, професорка, Київський національний університет будівництва і архітектури

Позитивні ефекти зелених конструкцій у сучасному будівництві

10. **Тетяна КРИВОМАЗ**, докторка технічних наук, професорка, Київський національний університет будівництва і архітектури

Диверсифікація ризиків енергозабезпечення багатопверхових житлових будівель в умовах війни

11. **Михайло КАШЛЕВ**, Київський національний університет будівництва і архітектури

H&S MS: application of a risk assessment approach in construction works for the restoration of infrastructure objects damaged as a result of the war

12. **Віктор МІЛЕЙКОВСЬКИЙ**, доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури

Вадим КОРБУТ, доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури

Тетяна ТКАЧЕНКО, докторка технічних наук, професорка, Київський національний університет будівництва і архітектури

Оцінювання ефективності організації повітрообміну для формування біобезпечного та комфортного середовища приміщень з масовим перебуванням людей

13. **Adam UJMA**, Doctor of Engineering, University of Applied Sciences in Nysa, Poland

Selected examples of the use of AI in architecture and construction

14. **Олександр ПРИЙМАК**, доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

Досягнення ресурсоенергетичних балансів в енергоефективних системах централізованого теплохолодопостачання

Основні тематичні напрямки

Використання теплової енергії. Нетрадиційні джерела енергії

1. **Микола Крупа, Олександр Приймак, Сергій Коноплюк**
Термоелектричні джерела енергії
2. **Борис Басок, Борис Давиденко**
Інноваційні віконні конструкції для відновлення пошкоджених війною будівель
3. **Ольга Черноусенко, Ольга Власенко, Олександр Недбайло**
Інтенсивність теплообміну в круглій трубі теплообмінника біогазової установки
4. **Віталій Петраш, Віталій Барішев, Еліна Гераскіна, Андрій Голубенко**
Система комплексного тепlopостачання на основі традиційної та парокompресійної генерації теплоти за двоступеневою схемою
5. **Костянтин Предун, Олексій Кушнір, Ольга Почка**
Трансформація енергетики в Україні на основі біосферосумісності
6. **Богдан Козячина**
Методика оцінки сезонної генерації теплової енергії комбінованим джерелом теплоти з повітряним тепловим насосом на основі масиву погодинних температурних даних
7. **Олександр Погосов**
Дослідження технологічних систем паропостачання та можливі шляхи підвищення їх енергетичної ефективності на прикладі пристроїв розморожування вагонів портової інфраструктури України
8. **Іван Кріпак**
Вікно, як високотехнологічне мультифункціональне світлопрозоре огороження
9. **Андрій Редько, Максим Батюта, Олег Синило, Вадим Задіранов, Юрій Резніченко, Тімур Лаврінов**
Оцінка виробництва біогазу (біометану) при анаеробному бродінні рослинної біомаси
10. **Богдан Кутний, Ірина Чернецька, Едуард Євтушенко**
Стагнація як один із викликів розвитку геліосистем
11. **Степан Шаповал, Юрій Пришляк, Олена Савченко**
Вивчення теплових характеристик гібридного сонячного колектору на основі комп'ютерного моделювання

12. *Георгій Ратушняк, Юрій Бікс, Андрій Лялюк*

Функції належності нечітких оцінок впливу визначальних параметрів на прогнозовану енергоефективність огорожувальних конструкцій будівель

13. *Степан Мисак, Степан Шаповал*

Моделювання теплової ефективності гібридного геліоколектора в системі із тепловим акумулятором

14. *Євген Патрашку, Володимир Ісаєв, Володимир Кіосак*

Сонячна активність та тепловий комфорт

15. *Юрій Волох, Михайло Кириченко*

Доцільність впровадження пасивних систем опалення та охолодження в Україні

16. *Олексій Нікітін*

Дослідження ефективності використання геотермальних теплових насосів при зведенні багатоквартирних житлових будинків

17. *Борис Басок, Борис Давиденко, Володимир Новіков*

Дослідження теплотехнічних характеристик віконних конструкцій із віконницями

18. *Павло Гламаздін, Наталія Чепурна, Василь Савик*

Високотемпературні системи теплопостачання в елементах нафтопроводів

19. *Євген Вакуленко*

Підвищення ефективності спалювання непроектного палива шляхом збагачення киснем дуттьового повітря

20. *Крістіна Габа, Павло Гламаздін*

Очищення поверхонь нагріву в присутності ПАР

21. *Віталій Башкір, Павло Гламаздін*

Модернізація систем газопостачання районних котелень та станцій теплопостачання

22. *Дар'я Омельченко, Павло Гламаздін*

Індивідуальний тепловий пункт з тепловими насосами для систем теплопостачання

Водопостачання та водовідведення. Інженерія. Технології

1. ***Олександр Кравченко, Оксана Нечипор, Тетяна Куба, Нестан Таварткіладзе***

Будівельні норми для проектування зовнішніх мереж водопостачання та водовідведення в Україні: актуальність, проблеми та перспективи

2. ***Орест Вербовський, Вадим Орел, Оксана Мацієвська, Назарій Желінський***

Електрозневоднення активного мулу каналізаційних очисних споруд м. Тернополя

3. ***Валерій Макаренко, Володимир Гоц, Тетяна Аргатенко***

Експериментальні дослідження несучої здатності трубних сталей систем водовідведення

4. ***Анастасія Соседко, Геннадій Кочетов***

Розробка комплексної очистки стічних вод лінії цинкування гальванічних виробництв

5. ***Степан Епоян, Тамара Айрапетян, Олександр Гайдучок, Владислав Мірошник***

Інтенсифікація роботи коловоротно-вировної камери утворення пластівців і її технологічні та конструктивні параметри

6. ***Світлана Величко, Олена Дупляк, Руслан Ільків***

Моделювання фільтраційного тиску на основу водозливної греблі на ПК seer/w у навчальному процесі

7. ***Микола Ситніченко, Ганна Анацька***

Визначення загального коефіцієнта стоку для міських водозбірних басейнів на прикладі міста Київ

8. ***Юрій Копаниця, Олена Гіжа, Оксана Нечипор, Олександр Кормільцін***

Визначення сили гідростатичного тиску на плоску поверхню довільної несиметричної форми методом трьох команд K123

9. ***Андрій Кравчук, Олександр Кравчук, Олександр Возний, Ольга Кравчук***

Особливості роботи збірних трубопроводів при наявності транзиту і похилу рівня ґрунтових вод

10. ***Тетяна Курбанова, Тетяна Хомуцька***

Перспективи удосконалення технологій знезалізнення підземних вод для локальних систем питного водопостачання

11. Ігор Прокопенко, Віктор Хоружий, Ігор Недашковський

Аналіз методів знезараження побутових стічних вод за допомогою діоксиду хлору та гіпохлориту натрію

12. Вадим Орел, Леся Вовк, Володимир Фем'як, Ірина Балінська

Потенціал альтернативних джерел води з метою збереження питної води в місцях житлової забудови України

13. Тарас Сидор, Вадим Орел

Вплив геометричних параметрів звуження труби на втрати напору в напірному короткому трубопроводі

14. Любов Кіка, Лариса Саблій

Вплив технологічних параметрів біологічного очищення стічних вод з використанням ряскових на ступінь видалення антибіотика

15. Лариса Саблій, Вероніка Жукова, Андрій Гриневич

Оцінка складу мікроорганізмів, іммобілізованих на носіях різних видів

16. Олена Дупляк, Віталій Стеценко

Аналіз сучасних каталітичних фільтруючих матеріалів для видалення заліза та марганцю

**17. Юрій Копаниця, Олена Гіжа, Євген Павлов, Олександр Кушка,
Олександра Голобородько, Андрій Гаврилюк**

Чисельний онлайн експеримент у розрахунку каналів гідравлічно найвигіднішого профілю трапецеїдальної форми

**18. Олександр Кравченко, Олег Бакуновський, Тетяна Куба, Нестан
Таварткіладзе**

Модернізація Деснянської водопровідної станції: обґрунтування необхідності та вибір технологічних рішень на основі пілотних досліджень

19. Тетяна Аргатенко, Олександра Пестієнко

Використання комбінованих систем водопостачання для підвищення надійності водозабезпечення

20. Світлана Потапенко, Олександр Кравченко

Забезпечення безпеки питної води для всіх в Україні

Опалення, вентиляція та кондиціонування. Інженерія. Технології**1. *Вадим Корбут, Тетяна Ткаченко, Віктор Мілейковський, Володимир Вахула, Юрій Цюрюпа***

Оцінювання ефективності організації повітрообміну для формування біобезпечного та комфортного середовища приміщень з масовим перебуванням людей

2. *Максим Микитенко, Олександр Любарець*

Аналіз впливу основних факторів на процес пиловловлення в пиловловлювачах з дисковими розпилювачами

3. *Богдан Гулай, Олег Кузь, Володимир Бундзило*

Аналіз коефіцієнту корисної дії децентралізованих систем вентиляції з рекуперацією теплоти

4. *Валерій Савін, Василь Желих*

Природна вентиляція як енергоефективне рішення для термомодернізованих будівель

5. *Ihor Polataiko*

Applications of automation control for commercial gas accounting based on the concept of virtual points

6. *Юрій Франчук, Вікторія Коновалюк*

Перспективи використання газу для балансування системи електропостачання

7. *Анна Москвітінна, Яна Сафронова*

Аналіз способів енергозбереження і підвищення енергоефективності жилих будівель

8. *Анна Москвітінна, Андрій Якименко*

Проблеми широкомасштабного впровадження теплових насосів в Україні

9. *Віталій Войналович*

Ґрунтові теплові насоси. Нормативно-правове поле та екологічний вплив на надра

10. *Анатолій Мойсін*

Природні технології знезараження повітря у приміщеннях закладів охорони здоров'я

11. *Анатолій Макаров, Андрій Ходос, Михайло Кирієнко, Михайло Сенчук*

Підвищення ефективності та надійності роботи розпилювальних установок для сушіння молочних продуктів

12. Володимир Сіреджук

Сучасні виклики та енергоефективні технології в системах теплогазопостачання України

13. Василь Желих, Юрій Фурдас, Володимир Шенітчак, Христина Миронюк

Пасивні технології для підтримки мікроклімату в модульних будинках

14. Олександр Задоянний, Юрій Євдокименко

Оцінка показників енергоефективності елементів центральних систем кондиціонування повітря за показником ексергетичного коефіцієнта корисної дії

15. Павло Пасічник, Крістіна Габа

Особливості теплопостачання при улаштуванні споруд цивільного захисту в громадських будівлях

16. Володимир Вахула, Олексій Дудніков

Забезпечення оптимального мікроклімату в музейних приміщеннях за допомогою багатоструминних повітророзподільників у системах з регульованою витратою повітря

17. Сергій Рибачов

Енергоефективні рішення вентиляції та димовидалення для багаторівневих автостоянок великих площ

22. Борис Басок, Оксана Лисенко, Світлана Гончарук, Марина Мороз, Віталій Опришко, Ігор Божко

Експериментальні дослідження теплового режиму приміщення при його опаленні електричним опалювальним приладом

Екосистеми та водні ресурси. Інженерія. Технології

1. **Тетяна Ткаченко, Віктор Мілейковський, Adam Ujta, Anna Lis**
Використання військових відходів у будівництві
2. **Олена Котовенко, Олена Мірошниченко, Данійл Даниленко**
Нафтогазовидобування і навколишнє середовище
3. **Віталій Залож**
Формування проектного рішення щодо системи автоматизації експериментальної установки очищення баластних вод
4. **Андрій Мац, Олена Мітрясова, Віктор Смирнов**
Засоби Google Earth Engine для дослідження стану гідроєкосистеми
5. **Артем Максименко, Ірина Клімова**
Акустичні властивості матеріалів, що використовуються в конструкціях шумозахисних екранів
6. **Вікторія Сахновська**
Системна модель забезпечення екологічної безпеки муніципальних систем водопостачання та водовідведення під час воєнного стану
7. **Сергій Кожевніков**
Головні тенденції ПВХ ресайклінгу
8. **Тетяна Ткаченко, Софія Бугайова, Христина Дяченко**
Проблема пластикового забруднення довкілля
9. **Тетяна Ткаченко, Ірина Петченко**
Роль інтелектуальних систем в управлінні ризиками та підвищення ефективності будівельних процесів
10. **Тетяна Ткаченко, Катерина Матвійчук**
Екологічно безпечна побутова альтернатива
11. **Тетяна Кривомаз, Роман Гамоцький, Ігор Ільченко, Артем Циба**
Диверсифікація ризиків енергозабезпечення багатоповерхових житлових будівель в умовах війни

Фундаментальні та прикладні наукові дослідження. Ефективність.
Новітнє проектування та експлуатація

1. Борис Басок, Олександр Недбайло

Стійкість світлопрозорих конструкцій до впливу вибуху

**2. Григорій Краснянський, Ірина Азнаурян, Максим Довгановський,
Олег Бесараб, Вадим Охрисько**

Оцінка ефективності екранування інфрачервоного випромінювання склотканиною

3. Віталій Тарасевич, Олександр Григорчук, Дар'я Танасієнко

Корозійностійкий облицювальний матеріал з сіркогіпсового композиту виготовлений з використанням сірковміщуючих відходів

4. Наталія Бурдейна, Ярослав Підлісний

Визначення критичних джерел електромагнітних полів у громадських будівлях та шляхи зниження їх впливу на людей

5. Яна Бірук, Лариса Зозуля, Андрій Климчук

Засоби підвищення ефективності екранування електромагнітних полів неоднорідними будівельними матеріалами

6. Валентин Глива, Сергій Зозуля, Михайло Кашилев

Дослідження спектрального складу шуму будівельної техніки та розроблення методології підвищення ефективності засобів захисту

7. Валентин Глива, Лариса Левченко, Дмитро Осадчий

Дослідження рівнів магнітних полів електрогенераторів та визначення засобів їх зниження

**8. Вадим Луценко, Олександр Григорчук, Віталій Тарасевич, Максим
Волчков, Олександр Ходаківський**

Експериментальна установка для дослідження теплофізичних властивостей будівельних матеріалів

9. Оксана Бердник, Сергій Виговський

Застосування порошку відходів скляного бою як часткової заміни цементів у бетонах

ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

Використання теплової енергії. Нетрадиційні джерела енергії

Микола КРУПА, доктор фізико-математичних наук
Інститут магнетизму НАН і МОН України

Олександр ПРИЙМАК, доктор технічних наук,
Київський Національний університет будівництва та архітектури, Україна

Сергій КОНОПЛЮК, доктор фізико-математичних наук
Інститут магнетизму НАН і МОН України

ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

Питання підвищення ефективності існуючих джерел енергії, а також пошук і розробка нових екологічно чистих джерел енергії розглядається як одне з найбільш актуальних завдань в енергетиці і вже сьогодні проблема енергозбереження стала вкрай важливою не тільки в економічному, але й в політичному плані. В даній доповіді розглянуті принципи і схем побудови термоелектричних конверторів на основі ефектів Зеебека і Нерста як базових елементів для створення екологічно чистих відновлюваних джерел електричної енергії. Термоелектричні перетворювачі такого типу можуть використовувати природні джерела тепла або відпрацьоване тепло промислового виробництва. Напряму конвертуючи його в електрику, що дозволяє уникати виділення озоноруйнуючих речовин та CO₂. Перевагою джерел енергії, які працюють на даних принципах, є те, що термоелектричні перетворювачі Зеебека і Нерста не містять рухомих деталей, є надійними, швидкодіючими, безшумними, термостабільними і мають дуже великі значення часу життя. Тому термоелектричні джерела електричної енергії є малогабаритними і можуть використовуватись автономно як для побутових потреб, так і для живлення електронних приладів і систем різного призначення.

Проведений розгляд показує, що на сьогодні область практичного використання термоелектричних перетворювачів для отримання електричної енергії можна вузька, що обумовлено невисокими коефіцієнтами прямого перетворення тепла в електричну енергію, а також високою вартістю монокристалічних напівпровідникових матеріалів. Проте результати останніх досліджень і розробок показують, що перехід на композитні наноматеріали дає змогу створювати ефективні джерела електричної енергії на базі термоелектричних перетворювачів.

Борис БАСОК, доктор технічних наук

Борис ДАВИДЕНКО, доктор технічних наук

Інститут технічної теплофізики НАН України

ІННОВАЦІЙНІ ВІКОННІ КОНСТРУКЦІЇ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ ВІЙНОЮ БУДІВЕЛЬ

Серед заходів з енергозбереження в будівельній галузі важливе місце займає підвищення енергетичної ефективності світлопрозорих конструкцій. Мова йде не тільки про зменшення теплових втрат через вікна, опір теплопередачі яких менше ніж у стінових конструкцій, але й про застосування вікон в якості нагрівальних пристроїв для опалення приміщень і підігріву вентиляційного повітря, що надходить з довкілля. Отже вікна, окрім основного призначення для пропускання сонячного світла, також повинні сприяти створенню належного мікроклімату для комфортних умов життєдіяльності людини в приміщенні. Тому розробка методів підвищення енергетичної ефективності віконних конструкцій є надзвичайно актуальною науковою і прикладною проблемою. Інша важлива обставина, що спонукає до активного створення інноваційних вікон, це воєнні дії в Україні. Внаслідок воєнних дій пошкоджено багато житлових і громадських будинків. Навіть в випадках, коли стіни будівлі вціліли після вибуху, то вікна, як менш міцний елемент будівлі, тріскаються, руйнуються або взагалі вилітають від дії ударної хвилі. Логічно і доцільніше проводити заміну зруйнованих вікон на сучасні, які відповідають нині діючим стандартам якості і державним будівельним нормам. Над вирішенням цих проблем в останні роки активно працюють в Інституті технічної теплофізики НАН України. Для цього виконуються відповідні теоретично-розрахункові та експериментальні дослідження.

Серед відомих методів підвищення опору теплопередачі віконних конструкцій важливе місце займає збільшення кількості камер в склопакетах. На сьогоднішній день в сучасних будівлях найчастіше застосовуються двокамерні склопакети з низькоемісійним покриттям на внутрішніх поверхнях скла. Але їх опір теплопередачі залишається значно меншим, ніж опір теплопередачі стінових конструкцій з шаром утеплювача. Проведені дослідження показують, що кількість камер в склопакеті доцільно збільшити до трьох. Загальний опір теплопередачі склопакета буде збільшуватися пропорціонально кількості камер. Якщо при цьому застосовувати низькоемісійні покриття на внутрішніх поверхнях скла, то навіть при заповненні камер повітрям опір теплопередачі трикамерного склопакета з відстанню між склом 10 мм можна збільшити до 1,1 м²К/Вт. Подальше збільшення кількості камер виявляється не надто раціональним через збільшення ваги склопакетів. Вони стають громіздкими, що спричиняє незручностях при їх встановленні.

Інший напрямок збільшення опору теплопередачі світлопрозорих конструкцій полягає в застосуванні здвоєних двокамерних склопакетів. Два двокамерних склопакета встановлюються у віконній проїмі паралельно один до одного на певній відстані. Результати досліджень показують, що в порівнянні з опором теплопередачі одного двокамерного склопакета з відстанню між склом 10 мм і без низькоемісійних покриттів два таких склопакета, що знаходяться на відстані

32 мм...120 мм один від другого, забезпечують опір теплопередачі 0,843...0,87 м²К/Вт, який в 2,63...2,8 разів більший, ніж опір одного склопакета.

Збільшення опору теплопередачі склопакетів можливо також шляхом заміни повітряного середовища в їх камерах на інертні гази, які мають менший коефіцієнт теплопровідності, ніж повітря. Цей відомий спосіб збільшення опору теплопередачі широко застосовуються на практиці. Але при цьому треба враховувати той факт, що переважно більший обсяг теплових втрат через склопакет відбувається шляхом радіаційного перенесення теплоти. Тому зменшення теплопровідності газу буде відігравати більш суттєву роль у збільшенні опору теплопередачі тоді, коли обсяг теплоти, що переноситься випромінюванням, буде суттєво зниженим за рахунок нанесення низькоемісійних покриттів на поверхні скла.

Перспективним також вважається збільшення опору теплопередачі вікон шляхом вакуумування камер склопакета. Цей спосіб також виявляється дієвим, коли також зменшується радіаційна складова теплового потоку. Але треба зазначити, що вплив вакуумування на опір теплопередачі склопакетів з відстанню між склом 8...12 мм буде відчутним лише коли тиск в камерах зменшиться до 10 Па. При більшому значенні тиску в камерах збільшення опору буде не надто суттєвим. Ефект вакуумування простору між склом стає більш дієвим, коли відстань між поверхнями скла стає меншою 1 мм. В такому випадку мова вже йде не про камери склопакету, а про двошарове вакуумне скло.

Крім інертних газів простір між поверхнями скла в камерах склопакета доцільно також заповнювати пористим аерогелем, коефіцієнт теплопровідності якого за певних умов може бути меншим, ніж у повітря. Розрахунково-експериментальні дослідження показують, що значення опору теплопередачі однокамерного склопакета з шириною міжскляного простору 10 мм при його заповненні пористим аерогелем досягає 0,37 м²К/Вт. Якщо ж цей простір становить 20 мм, опір теплопередачі такого склопакета досягає 0,71 м²К/Вт.

Результати проведених досліджень показують, що віконні конструкції доцільно також використовувати в системах вентиляції приміщень. Для цього створюються вентилязовані склопакети. Вони застосовуються як рекуперативні теплообмінники для підігріву холодного зовнішнього повітря, що надходить до приміщення, а також і для видалення повітря з приміщення. В обох випадках втрати теплоти через поверхні скла дещо збільшуються в порівнянні з випадком звичайного склопакета. Але при цьому ці втрати компенсуються збільшенням теплової енергії, що надходить з повітрям в приміщення з довкілля. При цьому зменшуються витрати теплоти на підігрів зовнішнього повітря. При видаленні повітря з приміщення через вентиляований склопакет частина його теплової енергії знову повертається в приміщення на відміну від випадку, коли тепле повітря видаляється безпосередньо в довкілля.

Подібний результат досягається також у випадку, коли повітря з приміщення видаляється через проміжок між здвоєними двокамерними склопакетами. З результатів чисельних досліджень випливає, що такий спосіб видалення повітря з приміщення ефективний з енергетичної точки зору.

Підвищенню опору теплопередачі віконних конструкцій сприяють також віконниці, які можуть встановлюватися як із зовнішньої, так і з внутрішньої сторони вікна. Результати чисельних досліджень показали, що віконниці певного типу можуть майже вдвічі збільшити опір теплопередачі віконної конструкції як за рахунок опору самої віконниці, так і за рахунок опору повітряного прошарку між вікном та віконницею.

З метою зменшення торцевих теплових потоків від вікна в фасадну стіну будівлі доцільно застосовувати спеціальні термоізолюючі вставки між вікном та віконною проймою в стіновій конструкції. Проведені чисельні дослідження вказують на ефективність цього заходу зменшення теплових втрат через вікна. Втрати теплоти з приміщення відбуваються також через профілі рами, в якій встановлено вікно. Для визначення цих втрат та для розробки заходів по їх зменшенню проводилися відповідні розрахункові та експериментальні дослідження. Знайдено залежність опору теплопередачі профілів рам від кількості камер в цих профілях.

Віконні конструкції можна також використовувати як нагрівальні пристрої. Якщо через шар низькоемісійного покриття, що нанесено на внутрішню поверхню скла, пропускати електричний струм, цей шар нагрівається. Частина теплоти, що утворилася внаслідок протікання струму, надходить від вікна в приміщення, а інша частина видаляється в довкілля. Застосування вікон з електрообігрівом перешкоджає утворенню конденсату або інею на віконному склі. Їх застосування особливо важливо на початку опалюваного сезону, коли будівля вже дещо охолоджена, а опалення іще не включено. Але такі вікна з електрообігрівом можна вважати ефективними, якщо теплота, що надходить в приміщення, суттєво переважає ту її частину, що переноситься в довкілля. Чисельні та експериментальні дослідження показали, що для досліджуваних конструкцій 83%...85% виділеної за рахунок електрообігріву теплоти передається в приміщення. Відповідно, 15%...17% теплоти видаляється в зовнішній простір. Тобто такі вікна достатньо ефективні з енергетичної точки зору і можуть сприяти обігріву приміщень в зимовий період року.

Як нагрівальні елементи у вікні можуть застосовуватися також спеціальні електропровідні пластини. В такому випадку нагрівається частина віконного скла. В сучасних склопакетах дистанційні рамки частіше за все виробляються з алюмінію, а це хороший провідник електричного струму та джерело теплової енергії. Чисельні дослідження процесів перенесення теплоти через вікна з такими нагрівальними елементами вказують на суттєве підвищення температури поверхонь скла у крайових зонах. З цього можна зробити висновок, що застосування дистанційних рамок як джерел теплової енергії виключає конденсацію вологи у крайових зонах склопакетів.

Представлені результати теоретичних та експериментальних досліджень свідчать про потенційну можливість суттєвого підвищення енергетичної ефективності віконних конструкцій. Це особливо важливо для України, що перебуває у важких сучасних умовах.

Робота виконувалась по проекту № 2022.01/0172 «Аеродинаміка, теплообмін та інновації для підвищення енергоефективності віконних конструкцій

та їх використання для відновлення зруйнованих війною будівель в Україні» за підтримки Національного фонду досліджень України (National Research Foundation of Ukraine), конкурс “Наука для відбудови України у воєнний та повоєнний періоди”

Ольга ЧЕРНОУСЕНКО, докторка технічних наук,

Ольга ВЛАСЕНКО, докторка філософії

Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»

Олександр НЕДБАЙЛО, доктор технічних наук,

Інститут технічної теплофізики НАН України

Національний технічний університет України «КПІ імені Ігоря Сікорського»

ІНТЕНСИВНІСТЬ ТЕПЛООБМІНУ В КРУГЛІЙ ТРУБІ ТЕПЛООБМІННИКА БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ

Біогазові технології передбачають велике за обсягом виробництво. В них застосовуються значні об'єми субстрату, теплофізичні властивості якого, зазвичай, невідомі.

На сучасному етапі розвитку біогазових технологій виникають проблеми щодо термостабілізації процесів і прогнозуванню параметрів інтенсивності теплообміну. На виробництві велика увага приділяється проблемам створення усталеного теплового режиму біореактора за умови зміни температури навколишнього середовища. Основним чинником для ефективного функціонування біореактора є дотримання в середині температури субстрату у визначеному діапазоні. Процеси тепломасопереносу при отриманні біогазу недостатньо досліджені, адже склад субстрату є різноманітним. До того ж він є водночас багатофазним та багатокомпонентним середовищем. Загально відомі методи прогнозування інтенсивності теплообміну в даному випадку не підходять і потребують оригінального специфічного підходу.

З інформаційних джерел відома широковживана методика розрахунку параметрів теплообмінника із використанням результатів аналізу регулярного теплового режиму в системі «рідина - тверде тіло» за критеріальними рівняннями теплообміну для рідин із відомими теплофізичними властивостями.

За умови наявності обмежених даних щодо теплофізичних властивостей рідин запропоновано експериментально-розрахунковий метод для прогнозування значень параметрів інтенсивності теплообміну в таких середовищах. За попереднім досвідом експериментально-розрахунковий метод ґрунтується на теорії подібності з дослідженнями лише параметрів окремих компонентів, з яких складаються субстрати.

Метою роботи є розроблення надійного методу прогнозування інтенсивності теплообміну в круглій трубі натурального теплообмінника в різних технологічних режимах, що мають місце в біогазових технологіях (із використанням критеріальних рівнянь теплообміну, але з обмеженою інформацією щодо теплофізичних властивостей субстрату).

У представлений роботі використовується удосконалений експериментально-розрахунковий метод, що базується на сумісному використанні

теорії подібності та аналізі параметрів регулярного теплового режиму. Під час проведення досліджень був використаний реальний субстрат з діючої біогазової установки.

Причиною високої інтенсивності теплообміну є безпосередній контакт речовин на граничних поверхнях фаз, що повинен підтримуватися безперервним оновленням цих поверхонь завдяки постійному перемішуванню субстрату. Однак такий процес можна реалізувати тільки в тому випадку, коли в'язкість субстрату дозволяє рівномірне перемішування рідини, зважених твердих частинок, а також бактерій та бульбашок механічної суміші газів. Верхня межа концентрації твердих частинок, за якої ще можливе вільне перемішування фаз, для субстрату з дрібнодисперсною суспензією твердих речовин відповідає 10...12%. За більших значень вихід газу значно зменшується. Шляхом інтенсивного перемішування та відповідного підведення теплоти вплив небажаного ефекту можна суттєво зменшити.

Віталій ПЕТРАШ, доктор технічних наук

Віталій БАРИШЕВ, кандидат технічних наук

Еліна ГЕРАСКІНА, кандидатка технічних наук

Андрій ГОЛУБЕНКО

Одеська державна академія будівництва та архітектури, Україна

СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ НА ОСНОВІ ТРАДИЦІЙНОЇ ТА ПАРОКОМПРЕСІЙНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ТЕПЛОТИ ЗА ДВОСТУПЕНЕВОЮ СХЕМОЮ

Вступ. Дослідження присвячене вирішенню актуальних питань підвищення ефективності децентралізованого теплопостачання громадських будівель та промислових підприємств з типовими комунально-побутовими і промисловими теплогенераторами на основі парокомпресійної трансформації енергії доохолодження теплових потоків відпрацьованого енергоносія з теплової мережі, початкової холодної води димових газів.

Мета роботи спрямована на обґрунтування умов розширення загального обсягу генерованої теплоти та підвищення ефективності удосконаленої системи комплексного теплопостачання і екологічності використання енергії первинного палива. Запропонований підхід передбачає підвищення енергетичних показників джерел теплоти з регулюванням обґрунтованої температури відпрацьованого енергоносія відповідно нормованого температурного графіка.

Задачами дослідження були оцінка і обґрунтування раціонального устрою для ефективного функціонування запропонованої системи за двоступеневою генерацією теплоти з підвищенням енерготехнологічної ефективності та експлуатаційного регулювання при узгодженні температурних режимів процесів сумісної генерації теплоти на основі вищезазначених низькотемпературних джерел.

Методи дослідження. Вирішення задачі базується на аналітичному обґрунтуванні раціонального структурно-функціонального устрою та високоефективної роботи теплонасосних систем теплопостачання з пошуком

раціональних режимних умов на основі вдосконаленого температурного графіка відпуску теплоти з використанням інтегрованого потенціалу доохолодження зазначених низькотемпературних джерел.

Результати дослідження.

1. Для комплексної системи децентралізованого тепlopостачання встановлено узагальнену залежність для визначення дійсного коефіцієнта перетворення ТНУ на основі інтегрованого потенціалу доохолодження відпрацьованого енергоносія з теплової мережі, вихідної холодної води та димових газів. Це дозволяє проводити якісний аналіз енергетичної ефективності системи тепlopостачання. Для цього досліджувалися температурні зміни аналізованих низькотемпературних джерел, коефіцієнт відносного водоспоживання та вплив режимного розподілу холодної води на комунально-побутові та виробничо-технологічні потреби.

2. Для запропонованої системи встановлено, що на зміну фактичного коефіцієнта перетворення суттєво впливає значення проміжної температури відпрацьованого енергоносія з теплової мережі після конденсатора на вході в теплогенератор. З результатів аналітичного дослідження випливає, що розрахункове значення температури відпрацьованого енергоносія з теплової мережі після конденсатора на вході в теплогенератор має базуватися на теплоекономічній оптимізації розрахункової різниці температур конденсації при нагріванні абонентського теплоносія та кипіння робочого тіла у випарнику ТНУ.

3. В роботі системи забезпечується збільшення загальної потужності генерованої теплоти в $2,1 \div 3,7$ разів залежно від реального співвідношення витрати вихідної холодної води загального призначення в розглянутому діапазоні та її витрати на гаряче водопостачання в межах $0,1 \div 0,3$. Очевидною є можливість $(20 \div 30)\%$ збільшення складової генерації теплоти в зазначеному діапазоні зміни витрати води на гаряче водопостачання та менш істотний вплив на неї зміни температури навколишнього середовища.

4. Результати дослідження удосконаленої системи децентралізованого тепlopостачання створюють основу для її подальшого розвитку з обґрунтуванням раціональної проміжної температури теплоносія.

Костянтин ПРЕДУН, доктор економічних наук,

Олексій КУШНІР

Ольга ПОЧКА

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ТРАНСФОРМАЦІЯ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ НА ОСНОВІ БІОСФЕРОСУМІСНОСТІ

Технологічний рівень розвитку будь-якої країни опосередковано характеризується показником споживання електроенергії однією людиною протягом року. В Україні у 1990 р. – піку розвитку паливно-енергетичного комплексу – він становив 5198 кВт-год./особа, що було близьким до середнього значення в Європейському Союзі на той час – 5468 кВт-год./особа. Правда, слід зазначити, що енергоємність тогочасної економіки у рази перевищувала

аналогічний показник як в ЄС, так і у світі. Теплова генерація була домінуючою з часткою більше 70 %. Альтернативна енергетика перебувала у зародковому стані: через низькі внутрішні ціни на традиційні палива, а також соціальну спрямованість державної політики. Перехід на ринкові засади господарювання з одночасним скороченням споживання електроенергії вітчизняними промисловістю та сільським господарством відповідно зменшили і потребу в генерації електроенергії.

У 2021 р. перед початком повномасштабної війни з РФ виробництво електроенергії в Україні складало 158,4 млрд. кВт-год. Більше половини електроенергії в країні виробляла і продовжує наразі виробляти атомна генерація (АЕС) – 54,4 %. Частка теплових електростанцій (ТЕС) становила 23,5 % від загального обсягу виробництва, відновлюваної енергетики – 7,9 %. Теплоелектроцентралі (ТЕЦ) виробили 6,4 %, гідроелектростанції (ГЕС) – 5,8 % електроенергії, ще 0,8 % припадало на гідроакумуючі станції. Дещо більше 1 % у загальному обсязі генерації зайняли інші джерела. У березні 2022 р. енергосистема України повністю синхронізувалась з енергомережею континентальної Європи ENTSO-E.

Повномасштабна війна з росією спричинила значні руйнування інфраструктури держави. Із 4-х діючих атомних електростанцій наразі працюють 3 (найбільша у Європі – Запорізька АЕС – перебуває на тимчасово окупованій території та електроенергію не виробляє). Частково пошкоджено/повністю зруйновано усі українські ТЕС (в Україні їх було 15). У передвоєнні роки станції використовувались у т.ч. для балансування енергоринку. Побудовані у 60-70-і роках минулого століття вони були чи не найбільшими забруднювачами довкілля в Європі (з перших десяти вісім були українськими). Наразі частка теплової генерації у виробництві електроенергії ледве сягає 5 %. Із 43 ТЕЦ внаслідок атак знищено 80 % станцій. Усі великі ГЕС, зокрема Дніпровську, пошкоджено, а Каховську – зруйновано повністю. Внаслідок вторгнення РФ Україна втратила 80 % вітрових та 20 % сонячних електростанцій. Таким чином, росія знищила 9,2 ГВт української генерації.

Розпочате з підписанням Угоди про асоціацію з ЄС реформування енергетичної галузі продовжується і зараз: від прийняття нормативно-правових актів, гармонізованих з відповідними документами Європарламенту і Ради, до впровадження технічних рішень, які сприяють зменшенню використання традиційних палив і, відповідно, «тепловому» забрудненню довкілля. Значні зміни відбуваються у тарифній політиці, в першу чергу для житлово-комунального господарства.

З 2019 р. український ринок електроенергії функціонує за європейською моделлю. Про українського споживача дбає Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг. Єдина фіксована ціна для побутових споживачів на період з 1.06.2024 р. по 30.04.2025 р. зафіксована на рівні 4,32 грн. або 0,1 євро за кВт-год.

Серед європейських споживачів найдорожчою є електроенергія в Німеччині, де вартість 1 кВт-год. наразі становить 0,39 євро. У Швеції та Фінляндії – 0,17, а у

Молдові – 0,14 євро. Дешевша електроенергія в Сербії та Угорщині – 0,10 євро, а найдешевша: у Болгарії – 0,09 та Норвегії – 0,07 євро.

Компенсувати той об'єм електроенергії, який було втрачено як для внутрішнього споживання, так і для експорту, через зношеність інфраструктури на викопному паливі та її практичному знищенню, у найближчій перспективі зможуть виключно електростанції на відновлюваних джерелах енергії. Отримуючи електроенергію за рахунок вітру та сонця, споживачі не залежать від кількості й скінченності традиційних палив, термінів їх видобування чи поставки, наявності місць для зберігання та утилізації відходів.

Богдан КОЗЯЧИНА

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

МЕТОДИКА ОЦІНКИ СЕЗОННОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ КОМБІНОВАНИМ ДЖЕРЕЛОМ ТЕПЛОТИ З ПОВІТРЯНИМ ТЕПЛОВИМ НАСОСОМ НА ОСНОВІ МАСИВУ ПОГОДИННИХ ТЕМПЕРАТУРНИХ ДАНИХ

Постійне зростання попиту на джерела теплоти з тепловими насосами обумовлює необхідність розробки ефективних схемних рішень та алгоритмів їх роботи, а також вимагає ретельного економічного аналізу, який включає наближений розрахунок терміну окупності та доведення економічної доцільності впровадження. Особливо це стосується теплових насосів, що використовують в якості низькопотенційного джерела теплоти ті джерела, теплоенергетичний потенціал яких суттєво залежить від змін сезонних та кліматичних факторів, як наприклад зовнішнє повітря. Мінливість температури зовнішнього повітря має вирішальний вплив на теплову потужність та величину коефіцієнта перетворення теплоти повітряним тепловим насосом. Враховуючи це, зазвичай не є доцільним встановлення повітряного теплового насоса для покриття теплових навантажень протягом опалювального періоду в моновалентному режимі. Тому в більшості випадків розробляють комбіновані джерела теплоти, в яких поєднують роботу повітряного теплового насоса із традиційним джерелом теплоти. В залежності від алгоритму роботи комбінованого джерела теплоти, який закладається при розробці, традиційне джерело теплоти може бути допоміжним і покривати залишкове теплове навантаження в пікові періоди, або ж альтернативним – і брати на себе усе теплове навантаження після досягнення певної температури зовнішнього повітря. Задача із визначення цієї температури, до досягнення якої робота теплового насоса вважається ефективною, є ключовою при визначенні співвідношення потужностей теплового насоса і традиційного джерела теплоти у складі комбінації. І для її вирішення проводять ряд розрахунків, які зазвичай базуються на даних про середню тривалість стояння певних проміжків температур зовнішнього повітря протягом опалювального періоду в географічних умовах розташування майбутнього джерела теплоти. Ці дані розробляються шляхом аналізу повторюваності температур зовнішнього повітря за тривалий часовий проміжок, тому досить рідко оновлюються. Загалом методика розрахунку на основі даних про середню тривалість стояння температур не є достатньо гнучкою, та не дозволяє врахувати велику кількість важливих факторів. Використання

погодинних температур зовнішнього повітря при розрахунку сезонної кількості теплової енергії, що вироблятиметься, та кількості енергоносіїв, що споживатимуться джерелами у складі комбінованого джерела теплоти, дозволяє підвищити точність розрахунку.

В даному дослідженні було розроблено методику розрахунку розподілу генерації теплової енергії та споживання енергоресурсів джерелами у складі комбінованого джерела теплоти з повітряним тепловим насосом на основі масиву погодинних температурних даних. Дана методика дозволяє врахувати різні бівалентні схеми роботи, змінний режим роботи системи опалення та розділення на періоди денного і нічного тарифів електроенергії. За допомогою розробленого алгоритму було побудовано програму розрахунку на основі масиву погодинних температур зовнішнього повітря останніх 50-ти опалювальних періодів для міста Києва. Представлено результати розрахунку для трьох варіантів бівалентних схем та кількох варіантів температурних графіків системи опалення.

Олександр ПОГОСОВ, кандидат технічних наук

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ПАРОПОСТАЧАННЯ ТА МОЖЛИВІ ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ НА ПРИКЛАДІ ПРИСТРОЇВ РОЗМОРОЖУВАННЯ ВАГОНІВ ПОРТОВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ

Системи паропостачання промислових підприємств різних сфер діяльності залишаються актуальним в першу чергу завдяки теплофізичним особливостям застосування енергії фазового переходу водяної пари в процесі її конденсації. Крім цього в країнах Східної Європи традиційно значна кількість існуючих котельних є паровими і вибір енергоносія визначається саме наявністю характерного джерела. При цьому процеси логістики вантажів забезпечуються сьогодні в значній мірі морським транспортом, а доставку до портів традиційно виконують залізницею, що в свою чергу вимагає застосування системи розморожування та перевалки сипучої продукції.

Досліджень, присвячених досить вузькій та географічно обмеженій темі енергетичної ефективності систем паропостачання пристроїв для розморожування вагонів, існує небагато. В першу чергу це пов'язано з тим, що тепляки з паровими пристроями обігріву активно використовувалися тільки на теренах Східної Європи, а географія досліджень в основному обмежена північними країнами цього регіону. При цьому зростання морських перевезень є притаманним процесом для людства, що активно розвивається та споживає. Відповідно важливість енергетичної ефективності всіх процесів на всіх етапах морських перевезень важко заперечувати. При цьому доставка вантажів саме залізничним транспортом до портів залишається невід'ємною частиною логістичного процесу.

Об'єктом цього дослідження став один з портів України, що розташований на узбережжі Чорного моря. В загальному енергетичному балансі об'єкта найбільшу частку займає центральна котельня, представлена комбінацією

парових та водогрійних котлів загальною встановленою потужністю близько 45 МВт, з яких 9 МВт – встановлена потужність водогрійних котлів. При цьому частка встановленої потужності двох пристроїв для розморожування вагонів (далі технологічних тепляків) складає до 8,8 МВт в режимі повного навантаження (за даними підприємства). Одними з найбільших технологічних споживачів водяної пари на підприємстві є два пристрої для розморожування вагонів (завантаження одного пристрою – 20 вагонів). В якості нагрівальних елементів використовуються бокові та стельові гладкі трубні парові реєстри.

В роботі наводяться результати досліджень енергоспоживання пристроїв розмороження вагонів портової інфраструктури та пропонуються схемні тепломеханічні рішення щодо модернізації системи паропостачання тепляків. За результатами дослідження наводяться значення витрати теплової енергії на одиницю випущеної продукції в існуючому сценарії та після модернізації. Наводяться характерні технологічні та теплотехнічні особливості існуючої схеми пристроїв розморожування вагонів портової інфраструктури України та заходи щодо модернізації таких систем, впровадження яких дозволить досягти значного зниження витрати теплової енергії в маневрових нестаціонарних режимах роботи тепляків. Обґрунтовується доцільність застосування інфрачервоної системи обігріву вагонів за допомогою парових реєстрів.

Іван КРИПАК

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ВІКНО, ЯК ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНЕ МУЛЬТИФУНКЦІОНАЛЬНЕ СВІТЛОПРОЗОРЕ ОГОРОДЖЕННЯ

Будь-яка споруда в холодний період року постійно втрачає внутрішню теплову енергію за рахунок перетоку теплоти з більш нагрітого внутрішнього середовища приміщень до холоднішого зовнішнього повітря. Теплові втрати і негативний внесок кожної з огороджувальних конструкцій є індивідуальними для кожної будівлі. Проте, в переважній частині випадків, найбільші втрати теплової енергії припадають на світлопрозорі огороджувальні конструкції. Саме ці елементи найбільше потребують уваги і постійного пошуку шляхів вдосконалення. Водночас з постійним збільшенням вимог до теплової ізоляції будівель (в тому числі за рахунок покращення теплоізоляційних властивостей вікон), спостерігається постійний попит на збільшення відсотку площ світлопрозорих огороджувальних конструкцій відносно загальної площі поверхонь зовнішніх огорожень будинків. У випадку з офісними будівлями часто можна спостерігати абсолютну відсутність зовнішніх стін: всю площу вертикальних огорожень займають вікна. Маючи такі великі площі скління, винахідники знаходяться в постійному пошуку рішень, котрі б дозволили підвищити функціональність світлопрозорих огороджувальних конструкцій.

Для пересічних споживачів термін «мультифункціональне вікно» означає, що в його конструкції використовується скло з енергозберігаючими та сонцезахисними властивостями: це дозволяє заощаджувати на опаленні взимку та кондиціюванні повітря влітку. Проте, на сьогоднішній день розроблено і

запатентовано безліч елементів світлопрозорих огорожувальних конструкцій, котрі забезпечують додаткові можливості для підвищення функціональності засклених площ. В роботі розглянуто винаходи, котрі допомагають змінювати коефіцієнти затінення світлопрозорих огорожень: зовнішні/внутрішні решітки; електрохромні плівкові пристрої, здатні до зміни коефіцієнту світлопропускну здатності, або кольору вікон, мають властивість робити вікно непроглядним, або, навіть, дзеркальним; рідкокристалічне покриття, котре дозволяє на світлопрозорій конструкції транслювати необхідну інформацію. Проаналізовано існуючі світлопрозорі огороження, котрі здатні виконувати функції опалювальних приладів: підігрівальні за рахунок електричної енергії, з різними конструкціями виконання; та підігрівальні за рахунок циркулюючого підігрітого повітря між листами скління. Проаналізовано існуючі і запропоновано нові варіанти використання фотоелектричних поверхонь (ФЕП) поверх площ світлопрозорих огорожувальних конструкцій: розміщення гнучких плівкових ФЕП на елементах з нерівними поверхнями (на віконних рамах); використання світлопрозорих, плівкових елементів ФЕП безпосередньо на площах скління.

Спираючись на наявність великої кількості винаходів, спрямованих на підвищення можливостей мультифункціональності світлопрозорих огорожувальних конструкцій, можна зробити висновок, що з часом вікна здобуватимуть нові властивості і критерії до забезпечення комфорту, котрі поступово ставатимуть звичними і незамінними для споживачів.

Андрій РЕДЬКО, доктор технічних наук

Максим БАТЮТА

Олег СИНИЛО

Вадим ЗАДІРАНОВ

Юрій РЕЗНІЧЕНКО

Тімур ЛАВРІНОВ

*Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова, Україна*

ОЦІНКА ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ (БІОМЕТАНУ) ПРИ АНАЕРОБНОМУ БРОДІННІ РОСЛИННОЇ БІОМАСИ

На сьогодні близько 10% енергії, що виробляється у світі, походить з біопалива, отриманого в результаті ферментації рослинної біомаси. Біопаливо з біомаси знайшло широке застосування: етанол із цукрової тростини в Бразилії, етанол із кукурудзи в США. Анаеробне бродіння є стійкою технологією, яка використовується для переробки відходів та виробництва енергії.

Біопаливо першого покоління виробляється із спеціальних енергетичних культур на основі технології перетворення біомаси. Біопаливо другого покоління – це продукти на біологічній основі, отримані з неліквідних рослинних ресурсів, таких як сільськогосподарські та лісові відходи. Біопаливо третього покоління виробляється з культивованих водних ресурсів.

Для оцінки виходу біогазу з біомаси необхідно виконати розрахунки процесів анаеробного бродіння. Відомо, що модель Бусвелла дозволяє теоретично

визначити кількість біометану із субстрату органічних речовин. Ця модель об'єднує хімічні, біохімічні та термодинамічні процеси, що відбуваються в біосистемі. Метод Бусвелла оцінює вихід продуктів анаеробного бродіння на основі теоретичної стехіометричної оцінки.

Стехіометричне рівняння Бусвелла (BEq) відіграє ключову роль у підрахунку кількості біометану з чистих або змішаних органічних речовин. Теоретичний біохімічний потенціал метану (ТВМР) враховує, що всі органічні речовини є біодеградабельними. Кількість біометану ($n\text{CH}_4$) є параметром, що залежить від елементного складу органічної речовини.

Для визначення $n\text{CH}_4$ необхідні вимірювання та розрахунки. На основі елементного аналізу можна визначити емпіричну формулу органічної речовини, використовуючи стехіометричне рівняння Бусвелла.

Результати розрахунків показують, що вихід біогазу з посліду птиці та гною великої рогатої худоби становить від 541 до 542 л/кг. Більш високі значення отримані для зернових культур і лігніну — від 698,6 до 705,4 л/кг, тоді як для деревини та соломи вихід біогазу варіюється від 476,5 до 514,2 л/кг. Твердий осад стічних вод дає близько 570 л/кг біогазу.

Коефіцієнти рівняння Бусвелла уточнюються в процесі експериментальних випробувань, оскільки вони ґрунтуються на таких припущеннях: усі атоми вуглецю в біомасі повністю перетворюються на CH_4 і CO_2 , а атоми азоту, сірки та галогенів у складі органічних речовин повністю перетворюються на NH_3 і H_2S , без додаткових побічних реакцій.

Порядок розрахунку такий: для більшості органічних речовин аналізується вміст C/H/N/S за допомогою елементного аналізу. Масова частка елементів у зразках визначається експериментально. Отримані дані використовуються для визначення емпіричної формули, яка далі веде до стехіометричних коефіцієнтів у рівнянні Бусвелла.

Результати розрахунків показали, що вміст біометану ($n_{\text{biomethane}}$) у біогазі (n_{biogas}) змінюється від 49,03% до 56,3%.

При анаеробному бродінні використовуються термофільні (55°C) і мезофільні (37°C) температури. Оптимальними параметрами анаеробного бродіння були: температура передобробки 38°C , розмір частинок стебел 0,5 мм, час передобробки 169,03 години. Підтверджувальні експерименти показали ефективність ексергії на рівні 19,25%. Теплота згоряння варіюється від 4 до 11 МДж/кг.

Богдан КУТНИЙ, доктор технічних наук

Ірина ЧЕРНЕЦЬКА, кандидатка технічних наук

Едуард СВТУШЕНКО

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,
Україна

СТАГНАЦІЯ ЯК ОДИН ІЗ ВИКЛИКІВ РОЗВИТКУ ГЕЛІОСИСТЕМ

Сонячна енергія, як одне з ключових рішень для скорочення залежності від викопного палива, набуває все більшого значення. Геліосистеми, які перетворюють

сонячне випромінювання на тепло, забезпечуючи потреби опалення та гарячого водопостачання, стають популярними в приватному секторі, промисловості та аграрному господарстві. Важливими перевагами геліоустановок наряду з економічними факторами є раціональне використання природних ресурсів та мінімізація техногенного навантаження на навколишнє середовище.

Попри великий потенціал сонячних установок, їх експлуатація часто стикається з серйозними викликами, зокрема, з явищем стагнації, що є одним із факторів стримування їх розповсюдження. Зростання ефективності геліосистем у процесі їх еволюції призвело до виникнення проблем при неможливості відведення надлишкового тепла, що призводить до перегріву теплоносія, утворення високого тиску в колекторах і, як наслідок, зниження ефективності роботи. Технічні проблеми, що виникають при цьому, обмежують довговічність системи, відповідно потребують аналізу та пошуку рішень для їх подолання.

Стагнація геліосистем найчастіше спостерігається влітку через надлишки теплової енергії при значній інсоляції, що особливо характерно для комбінованих сонячних систем із використанням на гаряче водопостачання та опалення. Стагнація відбувається і в інших геліоустановках при відключенні електроенергії й зупинці циркуляції теплоносія, а також при відсутності споживання.

Основним елементом геліосистем є сонячний колектор, який визначає вартість установки, термін її служби, ефективність перетворення сонячного випромінювання на тепло та собівартість отриманої гарячої води. Головною складовою колектора є абсорбер, що поглинає інфрачервону складову сонячного випромінювання. Рідкий теплоносій прокачується через канали абсорбера та нагрівається. На даний час існує декілька видів сонячних колекторів, основними з яких є плоскі та вакуумні. Плоскі мають найпростішу будову та меншу вартість, але значні тепловтрати та практично не працюють у холодний період. Наряду з низкою переваг вакуумних трубчастих колекторів та їх більшою ефективністю існує проблема частого переходу в режим стагнації. Протягом майже всього літнього періоду експлуатації системи кількість тепла, отриманого від вакуумних трубок сонячного колектора, перевищує кількість, потрібну для нагрівання води в баку-акумуляторі до необхідної температури 55 °С. Система періодично працює вхолосту на 50 %, тому входить у режим стагнації. Температура теплоносія досягає 180-220 °С і він закипає. Найчастіше в якості теплоносія виступають водні розчини пропіленгліколю, які не замерзають взимку, але при високих температурах деградують, тобто окислюються з утворенням кислот, що призводить до внутрішньої корозії. Випаровування при кипінні суттєво підвищує тиск, що стає випробуванням для мембрани розширювального бака та запірно-регулювальної арматури.

На сьогодні застосовують наступні способи боротьби з стагнацією в сонячних колекторах: оптимізація кількості вакуумних трубок та кута нахилу, адаптація автоматики управління геліосистемою, введення додаткового споживача або додаткових теплообмінників для охолодження теплоносія. Існуючі методи не дозволяють повністю уникнути явища стагнації, тому рекомендуються заходи для мінімізації пошкоджень системи в цьому режимі, зокрема збільшення об'єму розширювального бака до 50% від загального об'єму теплоносія та встановлення його якомога далі від сонячного колектора на холодній магістралі. Деякі моделі

геліоколекторів оснащуються антизакипаючою системою, тобто додатковим бачком, куди рідина повністю зливається у разі відключення насоса. Доволі перспективним рішенням є застосування високотемпературних органічних теплоносіїв із температурами кипіння до 300-400 °С, які дозволять не тільки уникнути явища застою, а й зменшити розміри колекторів, але такий підхід вивчений не достатньо, тому наразі не застосовується.

Отже, проблема стагнації геліосистем є актуальною, досі невирішеною й потребує подальших досліджень. Її розв'язання лежить у площині впровадження автоматизованих систем охолодження, пошуку кращих матеріалів для абсорберів та кращих теплоносіїв. Для зниження ризиків стагнації та підвищення ефективності геліосистем важливим є подальше вивчення теплообміну в сонячних колекторах та оптимізація їх конструкції. Комплексний підхід до вирішення цієї проблеми сприятиме надійнішій роботі геліоустановок та підвищенню їхнього внеску в забезпечення сталого енергопостачання, що є особливо актуальним у сучасних умовах енергетичних та екологічних викликів.

Степан ШАПОВАЛ, доктор технічних наук

Юрій ПРИШЛЯК

Олена САВЧЕНКО, кандидат технічних наук

Національний Університет «Львівська політехніка», Україна

ВИВЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГІБРИДНОГО СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА НА ОСНОВІ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

У сучасних умовах погіршення екологічної ситуації та виснаження природних ресурсів постає гостра необхідність у розвитку та впровадженні відновлюваних джерел енергії. Традиційні джерела забруднюють довкілля та сприяють зміні клімату, що робить питання екологічно чистих технологій дедалі актуальнішим. Одним із перспективних рішень є використання сонячних колекторів, які дозволяють перетворювати енергію сонця в електричну та теплову енергію. Гібридні сонячні колектори, що поєднують обидві ці функції, можуть суттєво підвищити ефективність використання сонячної енергії.

Авторами розроблено модель гібридного теплового сонячного колектора, який працює в системі разом з теплоакумулятором. За допомогою програмного комплексу Solid Works змодельовано теплові процеси та досліджено зміну температурних показників при постійній сонячній інтенсивності в геліоколекторі та баку-акумуляторі. Проаналізовано вплив різних параметрів на ефективність теплової передачі, а також визначено найкращі конструктивні рішення для їх подальшого впровадження. Це відкриває можливості для подальшого розвитку більш ефективних сонячних колекторів, що сприятимуть розширенню використання відновлюваної енергії у світовій енергетичній системі.

Актуальність дослідження гібридних теплових-фотоелектричних сонячних колекторів зумовлена глобальними екологічними та енергетичними викликами, а також зростаючою необхідністю у підвищенні ефективності використання відновлюваних джерел енергії. Оскільки гібридні сонячні колектори дозволяють одночасно генерувати теплову та електричну енергію з однієї установки, то це

робить їх більш ефективними в порівнянні з окремими тепловими або фотоелектричними системами. Така інтеграція підвищує коефіцієнт корисної дії та забезпечує кращу окупність інвестицій, що є особливо важливим. Розробка і вдосконалення гібридних сонячних колекторів має значний потенціал у вирішенні завдань енергоефективності та сталого розвитку, що підкреслює важливість дослідження і впровадження цих технологій у сучасних

Метою дослідження є вдосконалення конструкції гібридного сонячного колектора, вивчення теплових процесів за допомогою програмного забезпечення SolidWorks, а також розробка та впровадження комп'ютерної моделі для подальшого аналізу та оптимізації його конструкції.

Для вирішення поставленого завдання запропоновано конструкцію гібридного геліоколектора (ГГК), який являє собою комбінацію елементів сонячного колектора та вікна. Основними елементами експериментальної установки є корпус, оребрений теплообмінник з прозорим захищенням, теплоаккумулятор, циркуляційний насос та система трубопроводів. Моделювання проводилося за сталої інтенсивності сонячного випромінювання $I_s=600 \text{ Вт/м}^2$ при незмінній витраті $G=0,00113 \text{ г/с}$.

Під час моделювання спостерігалось збільшення температури до $23,4 \text{ }^\circ\text{C}$ в бокових та верхній частинах рами. Конвективні потоки навколо конструкції вікна були відсутні завдяки прозорому захищенню. Упродовж дослідів верхня частина бака-аккумулятора прогрілась від 19 до 22°C та з'явилась характерна стратифікація по висоті теплоносія-води. На виході ж з геліоколектора температура зростала з 19°C до $21,6^\circ\text{C}$ з 5-ї до 40-ї хвилини моделювання, а далі зміни були не значними. Під час моделювання миттєва потужність сонячного колектора зростала протягом першої половини експерименту, а далі стабілізувалася. Також коефіцієнт корисної дії ГГК зростав від 42% до $0,66\%$. Загалом середній ККД досліджуваного геліоколектора становив $0,60$.

Результати експерименту підтверджують ефективність комп'ютерного моделювання для аналізу та оптимізації теплових характеристик гібридного сонячного колектора. Застосування програмного забезпечення SolidWorks дозволило змоделювати зміну параметрів у системі з таким геліоколектором та аккумулятором тепла, що дає можливість передбачити її функціонування в умовах змінної інтенсивності сонячного випромінювання. Модель продемонструвала, що правильний вибір конструктивних параметрів може значно зменшити теплові втрати і підвищити ефективність теплопередачі.

Аналіз температурних коливань у теплоаккумуляторі довів, що використання ребристого теплообмінника забезпечує більш рівномірне нагрівання теплоносія в системі. Отримані дані дозволили виявити оптимальні конструктивні рішення, які сприяють підвищенню коефіцієнта корисної дії колектора. Зокрема, досягнуто збільшення питомої теплової потужності в періоди підвищеного сонячного випромінювання, що робить даний тип гібридного колектора перспективним для використання в енергоефективних будівлях. Аналіз моделі також показав важливість комбінованого використання геліоколектора з теплоаккумулятором для стабілізації тепlopостачання у вечірні та нічні години.

Дослідження підтвердило, що розробка та впровадження математичних і комп'ютерних моделей є важливим етапом у проектуванні сонячних колекторів, оскільки дозволяє проводити детальний аналіз і визначати оптимальні параметри без необхідності проведення дорогих експериментів. Це відкриває можливості для розробки нових рішень у сфері відновлюваної енергетики, зокрема для зниження споживання традиційних енергоресурсів та зменшення викидів парникових газів.

Георгій РАТУШНЯК, кандидат технічних наук

Юрій БІКС, кандидат технічних наук

Андрій ЛЯЛЮК

Вінницький національний технічний університет, Україна

ФУНКЦІЇ НАЛЕЖНОСТІ НЕЧІТКИХ ОЦІНОК ВПЛИВУ ВИЗНАЧАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ПРОГНОЗОВАНУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ

Для підтримання оптимальних параметрів мікроклімату в приміщеннях будівель споживається приблизно 30-40% енергетичних ресурсів України від загальної їхньої кількості, що значно перевищити аналогічні витрати в країнах Європи. Чинним законодавством України [1,2] передбачено шляхи вирішення проблеми енергоефективності в будівельній галузі та житлово-комунальному господарстві. Однією із складових вирішення цієї проблеми є оптимізація сумарних витрат енергії на забезпечення функціонування теплоізоляційної оболонки протягом життєвого циклу будівель, що передбачає підвищення енергоефективності зовнішніх огороджувальних конструкцій [3,4]. Подальше вдосконалення інструментарію інтелектуальної підтримки прийняття управлінських організаційно-технологічних рішень стосовно прогнозування енергоефективності огороджувальних конструкцій будівель потребує вдосконалення математичної моделі з оцінки впливу визначальних параметрів на цільову функцію [5]. Тому подальший розвиток досліджень, що передбачають шляхів оптимізації інноваційних організаційно-технологічних рішень з підвищення енергоефективності огороджувальних конструкцій будівель протягом їхнього життєвого циклу є актуальною невирішеною задачею.

Метою роботи є розроблення елементів математичної моделі інтелектуальної підтримки прийняття організаційно-технологічних рішень підвищення прогнозованої енергоефективності огороджувальних конструкцій будівель з використанням функції належності нечітких оцінок впливу визначальних параметрів на цільову функцію.

За результатами аналізу останніх досліджень та публікацій існуючих методів з прогнозування мінімізації сумарних енергозатрат на забезпечення життєвого циклу будівель означено гіпотезу, яка базується на припущенні про необхідність та можливість покращення енергоефективності зовнішніх огороджувальних конструкцій. Подальший розвиток інструментарію з прогнозування енергоефективності зовнішніх огороджувальних конструкцій будівель на протязі її життєвого циклу потребує оцінку впливу визначальних параметрів, які характеризуються кількісними та якісними значеннями.

Визначення значень цих параметрів експериментальних шляхом дороговартісне та багатьох випадках неможливе з заданою достовірністю. Як джерело необхідної інформації доцільно використовувати експертні оцінки впливу визначальних параметрів на прогнозовану енергоефективність теплоізоляційної оболонки будівель.

Для розроблення експертно-моделювальної системи інтелектуальної підтримки прийняття організаційно-технологічних рішень щодо підвищення енергоефективності огорожувальних конструкцій будівель використано математичний апарат нечіткої логіки, а саме метод побудови функції належності нечітких множин, які визначають значення цільової функції. Метод базується на розподілу ступеня належності універсальної множини, на якій задається нечітка множина, відповідно до їх рангів. Ступені належності параметрів до нечіткої множини, яка означена відповідним термом, обчислено за відомими формулами, шляхом складання відповідних матриць. Нечіткі множини для різних лінгвістичних змінних визначальних параметрів впливу на прогнозовану енергоефективність огорожувальних конструкцій будівель представлено графічно у вигляді відхідних функцій належності, а саме витрати енергії на капітальне будівництво або реконструкцію, на експлуатацію та рециклінг.

Степан МИСАК, кандидат технічних наук

Степан ШАПОВАЛ, доктор технічних наук

Національний Університет «Львівська політехніка», Україна

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ГІБРИДНОГО ГЕЛІОКОЛЕКТОРА В СИСТЕМІ ІЗ ТЕПЛОВИМ АКУМУЛЯТОРОМ

Зростання вартості традиційних джерел енергії, боротьба за їх поклади та війни, екологічне забруднення довкілля, спонукають до все ширшого використання нетрадиційних джерел енергії. Тому на сьогодні актуальним є вдосконалення існуючих та розроблення нових систем, що здатні отримувати енергію із альтернативних джерел. Тепер існує ряд різноманітних пристроїв перетворення сонячної енергії в теплову, або електричну, проте все більшого поширення набувають гібридні системи, що дають змогу одночасно отримувати теплову та електричну енергію з однієї установки. Тому завданням досліджень є розроблення вдосконаленого гібридного теплового фотоелектричного геліоколектора та дослідження його теплофізичних характеристик.

Математичні методи планування багатофакторного експерименту та оброблення його даних із використанням програмного комплексу для моделювання та комп'ютерного дослідження в середовищі SolidWorks.

Комп'ютерна модель розробленої конструкція комбінованої системи енергозабезпечення КСЕП із гібридним тепловим фотоелектричним геліоколектором ГТФГК складається з двох окремих блоків – теплового акумулятора і ГТФГК, який складається з фотоелектричної панелі та теплового геліоколектора, і призначений для виробництва теплової та електричної енергії. Падаюча сонячна радіація на тепловий геліоколектор фокусується в семи концентраторах, які являють собою розташовані поряд алюмінієві товщиною 0,5 мм параболічної

форми пластини, які концентрують відбиту від їх стінок сонячні промені на розміщені вздовж їх осей на відстані $L = 15$ см одна від одної мідні трубки 21 діаметром $d = 10$ мм і товщиною стінки 0,5 мм, що простягаються вздовж руху теплоносія.

Дослідження проводились в програмі SolidWorks 2022 за допомогою модуля Flow Simulation в стаціонарних умовах: при температурі оточуючого середовища $t_{o.c.} = 15$ °C та інтенсивності сонячної радіації $I_T = 900$ Вт/м² із врахуванням кута нахилу ГТФГК до горизонту $\beta = 90^\circ$ та азимутального кута падіння сонячних променів на площину ГТФГК $\alpha = 90$.

На основі аналізу результатів комп'ютерного моделювання роботи КСЕП із ГТФГК було розраховано: миттєві значення питомої потужності ГТФГК; зміну теплової ефективності ГТФГК впродовж експерименту; миттєву питому потужність КСЕП із ГТФГК; теплову ефективність КСЕП із ГТФГК впродовж експерименту.

Також було виявлено величину середнього коефіцієнта корисної дії (0,6, або 60%) та його зміну в часі під час експерименту. Проаналізовано зміну миттєвої питомої теплової потужності системи з гібридним тепловим фотоелектричним геліоколектором. Досліджено також закономірність зміни теплової ефективності всієї системи із гібридним тепловим фотоелектричним геліоколектором, що становила 450 Вт/м², а також її ефективність за накопиченням теплової енергії в тепловому акумуляторі, яка становила 0,5 або 50%. Отримані результати використовуються для розробки методики розрахунку цієї системи та можуть бути використані для впровадження системи в реальних умовах для забезпечення енергією різних об'єктів.

Євген ПАТРАШКУ

Володимир ІСАЄВ, кандидат технічних наук

Володимир КЮСАК, доктор фізико-математичних наук

Одеська державна академія будівництва та архітектури, Україна

СОНЯЧНА АКТИВНІСТЬ ТА ТЕПЛОВИЙ КОМФОРТ

В Україні та Європейському Союзі існують різні підходи до регулювання проектування освітлення приміщень прямим та розсіяним сонячним випромінювання. Європейськими стандартами регулюється освітленість приміщень. Під світловим потоком розуміють кількість світла, що випромінюється джерелом світла у всіх напрямках. Вимірюється світловий потік в люменах. Коефіцієнт денного світла, що вимірюється в процентах, це відношення освітленості в приміщенні до освітленості на вулиці. В основу головного стандарту (EN 17037), який визначає стандарти будівництва у всіх країнах Європейського Союзу, був покладений метод просторової автономії денного світла, запропонований Швейцарською асоціацією електриків в 1989 році.

Українськими будівельними нормами регулюється, з санітарно-гігієнічного погляду, інсоляція приміщень. Інсоляцією називають величину потоку сонячної радіації, яку обчислюють в калоріях на одиницю площі горизонтальної поверхні за одиницю часу. Для узгодження норм України та Європейського Союзу необхідно провести порівняльний аналіз та знайти точки співпадіння, які наближають

відповідні стандарти та дозволяють побудувати приміщення з якісним тепловим комфортом.

Тепловий комфорт є статистичним показником, який враховує індивідуальні особливості людини. Для оцінки теплового комфорту стандартом EN ISO 7730 використовується показник PMV (Predicted Mean Vote – очікувана оцінка комфортності), що прийнятний для більшості людей, які перебувають в даному приміщенні. Також існує значення PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied, тобто очікуваний відсоток людей, які незадоволені рівнем комфорту). Показники PMV та PPD служать індикаторами теплового комфорту для людини в приміщенні.

Українські стандарти регулюють мікроклімат у будівлях та комфортність приміщень з допомогою рекомендацій, які приводяться у вигляді прикладів категорій для проектування будівель із механічним опаленням та охолодженням (ДСТУ Б EN 15251:2011). В цьому стандарті розрізняють чотири категорії будівель, які залежать від значень PMV. Стандарт обґрунтовує області використання цих категорій, відносно від рівня очікувань та тривалості перебування людини в приміщенні. Також в Україні застосовують стандарти ДСТУ Б EN 15261:2012 (для розрахунків параметрів мікроклімату) та ДСТУ Б EN ISO 7730:2011 (визначає ергономіку теплового середовища).

В будівництві, при проектуванні житлових та виробничих приміщень враховуються всі три види сонячного світла (інфрачервоне випромінювання, ультрафіолетове випромінювання та видиме світло). Кожен тип сонячного випромінювання по своєму впливає на різні аспекти, зокрема, комфорт в приміщенні, енергозбереження, санітарно-гігієнічні норми.

Різні підходи до оцінки параметрів, що регулюються вказаними нормами, вимагають гармонізації і напрацювання загальних принципів та методів обчислення.

Юрій ВОЛОХ

*Київський національний університет будівництва та архітектури, Україна
GF Уропор*

Михайло КИРИЧЕНКО, кандидат технічних наук

Київський національний університет будівництва та архітектури, Україна

ДОЦІЛЬНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ПАСИВНИХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ТА ОХОЛОДЖЕННЯ В УКРАЇНІ

Пасивні (поверхневі) системи опалення та навіть охолодження вже стали невід'ємною частиною сьогодення. Багатоквартирні будинки з теплими підлогами, готельні комплекси, де номери опалюються/охолоджуються тільки стельовими системами. Логістичні центри, аеропорти, інші промислові приміщення вже давно опалюються і охолоджуються підлогами. Але все це стало буденністю в Європі, а не в Україні.

В Україні ж за даними за 2021 рік 80% всіх новобудов (багатоквартирних та приватних будинків, комерційних та промислових споруд) вводяться в експлуатацію з використанням конвекційних систем опалення та охолодження. Чому так? Може через недостатню ефективність пасивних систем? Ні, існує вже

багато не тільки теоретичних, але й статистичних досліджень, які підтверджують кращу ефективність поверхневих систем в порівнянні з конвекційними. Може в Україні власний погляд на це? Теж ні, крім досліджень, про ефективність вказує навіть ДБН:

ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування"

Пункт 7.1: "Для приміщень з низькотемпературними системами обігріву, такими як теплі підлоги, допускається нижча температура повітря, оскільки система забезпечує комфортне відчуття за рахунок випромінюваного тепла з поверхні підлоги."

Яка ж практична сутність закладена в цьому пункті? ДБН нам прямо вказує, що при наявності поверхневих систем, температура відчуття людиною змінюється і ми відчуваємо себе комфортно навіть за нижчої температури повітря, а зниження розрахункової температури в приміщенні – це і є значний потенціал для економії.

Чому ж в Україні не поспішають переходити на більш ощадні та безпечні для здоров'я системи опалення та охолодження?

Більшість науковців в Україні зосереджується на вдосконаленні розрахунків температурного поля в приміщенні та тепломасообміну між предметами, але упускають очевидне: людина – не предмет. Це живий організм, який має власну багатопланову терморегуляцію, тому по різному сприймає різні види передачі тепла. Ми нормально сприймаємо повідомлення синоптиків, що температури відчуття та повітря можуть бути різні. Те ж саме можливе і в закритих просторах. Ми завжди відчуваємо прохолоду, коли в спекотні дні спускаємось до підземного переходу, бо відчуваємо вплив охолоджених конструкцій в ґрунті. Циркуляція повітря у випадку з прямим переходом не обмежена, тому температура повітря залишається незмінно високою. Виявляється, ми можемо почуватися комфортно влітку навіть за високої температури повітря.

Вплив різних комбінацій температур поверхні та повітря на відчуття людини в Україні ще мало досліджений, хоча в розвинутих країнах на цьому базуються сучасні системи опалення та охолодження.

Нам в Україні потрібно не тільки запозичити світовий досвід таких досліджень, але й проводити широку просвітницьку діяльність серед людей, які приймають рішення по концепції систем опалення та охолодження в будівництві, адже поки всі люди, задіяні в цьому процесі, не усвідомлюватимуть як працює пасивне опалення/охолодження, чому воно ефективніше, вони не впроваджуватимуть такі рішення.

Олексій НІКІТІН

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ ПРИ ЗВЕДЕНІ БАГАТОКВАРТИРНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

Проектування геотермального теплового насоса необхідної потужності на початковій стадії будівництва та його встановлення - дозволяє Забудовнику:

- мінімізувати витрати в холодний період та планово передавати квартири мешканцям;
- закінчувати при необхідності так звані «мокрі процеси» з опорядження;
- виконувати налаштування і пуск ліфтового обладнання, що потребує плюсових температур;
- проводити гідравлічні випробування мереж тепло-, водопостачання, прокрутку насосів;
- забезпечити плавний прогрів щойно зведених конструкцій.

При спорудженні багатоквартирного житлового будинку необхідна площа обігріву місць загального використання та необхідних технічних приміщень не перевищує 600м² для одно під'їздного двадцяти чотирьох поверхового будинку з загальною площею квартир 14000м². Вартість спорудження теплового насоса на таку площу складає:

$$600\text{м}^2 \times 90\text{Вт} \times 2,4\text{євро/Вт} = 129600 \text{ євро}$$

Це додає до вартості квадратного метра житла лише

$$129600 \text{ євро} / 14000 \text{ м}^2 = 9,26 \text{ євро/м}^2$$

Що складає менше 1% від вартості 1м² житла.

В свою чергу використання тепла-холоду від геотермальних теплових насосів для м'якого підтримання мікроклімату в приміщеннях загального використання (вхідна група, хол, консьєрж, машинне відділення ліфтів, ніші стояків водопостачання і т.і) призводить до зменшення витрат мешканців в платіжках на сплату за обігрів та охолодження місць загального використання. В результаті робить його більш незалежним від зовнішніх факторів та більш прогнозованим та плановим. [2]

До того ж, електроенергію для роботи системи можна отримувати від комбінації з сонячною станцією, так як інверторна система теплового насоса провідних виробників вже призначена і адаптована для живлення від сонячних панелей. Більш того автоматика дозволяє прогнозувати погоду і заздалегідь трохи раніше розпочати обігрів-охолодження визначених зон, зумовлених зменшенням або збільшенням кількості сонця. [3]

Принцип дії геотермального теплового насоса полягає у перенесенні та використанні низькопотенційного тепла ґрунту для послідовного його перетворення в теплову енергію, котра буде використана для нагріву теплоносія в системі опалення або гарячого водопостачання. [4]

За рахунок постійної температури в ґрунті (в середньому скважини поля розташовуються в шарі з постійною температурою +10°C), переноситься тепло теплоносієм і нагріває-охолоджує або акумулюється за необхідності буферною ємністю та використовується в обраній системі опалення. В зв'язку з невеликою різницею між температурою ґрунту та приміщення – нагрів та охолодження відбувається повільно майже за стаціонарних умов та дозволяє плавно, за рахунок автоматики, підтримувати заданий мікроклімат. В моменти, коли зменшилась потреба в опаленні приміщень, а потреба в охолодженні ще не настала, тоді тепло від теплових насосів можна використовувати для попереднього нагріву звичайної гарячої води.

Основним показником ефективності роботи геотермального теплового насосу є так званий коефіцієнт перетворення COP і в сучасних системах ГТН він перевищує 4, тобто в порівнянні з електродкотлами які витратять 4кВт електроенергії для нагріву, геотермальний тепловий насос витратить менше 1кВт для виробництва такої самої кількості тепла.

В Україні також наразі спостерігається тенденція щодо енергоефективних та енергонезалежних методів спорудження житлових будинків з акцентом на зменшенні споживання невідновлюваних джерел енергії при зменшенні викидів CO₂. До 2050 року Україна має перейти на 100% використання відновлюваних джерел енергії. Щоб це сталося, кожен з нас також може долучитись – втілювати енергоефективність тут і зараз!

Борис БАСОК, доктор технічних наук

Борис ДАВИДЕНКО, доктор технічних наук

Володимир НОВІКОВ, кандидат технічних наук

Інститут технічної теплофізики НАН України

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВІКОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ ВІКОННИЦЯМИ

Одночасно з появою у фасадах будівель і споруд віконних отворів з'явилися також елементи конструкцій, які закривали ці отвори, забезпечуючи захист внутрішніх приміщень від небажаних природних умов. Такі пристрої стали називати віконницями. Навіть після того, як наприкінці сімнадцятого і протягом вісімнадцятого століть у віконних отворах з'явилося скло, яке почало виконувати ті ж функції, що і віконниці, вони все ще продовжували використовуватися в конструкціях фасадів будівель. Вони також були елементом певного архітектурного стилю і в значній степені визначали зовнішній вигляд будівлі. Сьогодні віконниці, як і раніше, зберігають багато функцій захисту внутрішніх приміщень. Крім перерахованих вище, існує ще одна функція віконниць. Віконниці можуть значно зменшити обсяг теплоти, що втрачається через вікна. Конструкція вікна зі віконницями може мати опір теплопередачі, який суттєво перевищує опір вікна без віконниць. Віконниці сприяють зменшенню втрат енергії через віконний проріз, особливо вночі, коли будинок не отримує теплоту від сонячного випромінювання. В даний час існує багато різних видів віконниць, які розрізняються формами і місцем встановлення.

У даній роботі представлені результати 3D CFD моделювання теплових потоків через двокамерний склопакет, розташований у віконному прорізі фасаду будівлі. Розглянуто три варіанти конструкції вікна: 1 - без віконниць; 2- віконниці з зовнішньої сторони будівлі; 3- віконниці з внутрішньої сторони стіни. Дослідження проведено з метою обґрунтування способу підвищення опору теплопередачі віконної конструкції за рахунок встановлення віконниць. Віконниці в конструкції вікна утворюють додатковий шар повітря між склопакетом та віконницями, який суттєво впливає на теплопередачу із приміщення в навколишнє середовище. Вплив віконниць на теплопередачу крізь світлопрозору конструкцію визначено шляхом чисельного розв'язання системи рівнянь, що складається з рівняння

нерозривності; рівнянь перенесення імпульсу; рівняння енергії (для газового середовища) та рівняння теплопровідності для твердотільних елементів. На поверхнях розділу «тверде тіло-газ» задаються граничні умови четвертого роду, що враховують радіаційну та кондуктивну складові сумарного теплового потоку, що надходить із внутрішнього приміщення будівлі. Результати моделювання теплопередачі через двокамерний склопакет з віконницями та без них показують, що віконниці збільшують опір теплопередачі конструкції в цілому на 94 % в порівнянні з конструкцією без віконниць. Тому використання віконниць у будь якій формі є ефективним заходом підвищення енергоефективності будівлі в цілому. Робота виконувалась по проекту № 2022.01/0172 «Аеродинаміка, теплообмін та інновації для підвищення енергоефективності віконних конструкцій та їх використання для відновлення зруйнованих війною будівель в Україні» за підтримки Національного фонду досліджень України (National Research Foundation of Ukraine), конкурс “Наука для відбудови України у воєнний та повоєнний періоди”.

Павло ГЛАМАЗДІН

Наталія ЧЕПУРНА, кандидатка технічних наук

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

Василь САВИК, кандидат технічних наук

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Україна

ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНІ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В ЕЛЕМЕНТАХ НАФТОПРОВІДІВ

Транспортування нафти та нафтопродуктів може відбуватись двома шляхами – за допомогою трубопроводів або з використанням ємностей різного розміру – від відносно малооб’ємних автомобілів та залізничних цистерн (до 60-100 т) до величезних морських танкерів. Процес переміщення нафти в трубопроводах може ускладнювати через велику густину та в’язкість деяких сортів нафти. Важку нафту іноді необхідно нагрівати для зменшення густини та в’язкості важкої нафти, бо ці її теплофізичні властивості сильно залежать від температури - вони відчутно знижуються при підвищенні температури нафти. Для підтримання необхідної температури нафти в трубах на нафтоспоживчих підприємствах та нафтопереробних заводах труби обігрівають насиченою водяною парою або електричним кабелем. Це безумовно ускладнює експлуатацію трубопровідної системи і підвищує вартість продукції підприємств. Для магістральних нафтопроводів такий метод взагалі економічно неприйнятний. В цьому випадку нафту нагрівають на насосних станціях на початку нафтопроводу та визначеними за розрахунками підвищувальних насосних станціях. На шляху між підвищувальними станціями нафта остигає, тому перед початком руху її підігрівають до температури, яка перевищує необхідну. І так на кожній станції.

При транспортуванні нафти в ємностях її в’язкість і густина стають проблемою тільки при заповненні ємностей та їх випорожненні. Тому для

нагрівання нафти та найбільш важкого продукту її переробки - мазуту традиційно використовують водяну пару. Але використання водяної пари для означених цілей має низку негативних наслідків та загальних проблем. Конденсат є корозійно активною рідиною, що призводить до скорочення життєвого циклу обладнання. Він забруднюється і не може бути використаний повторно для отримання водяної пари в котлах, що обумовлює необхідність великої кількості води для функціонування котельні та систем відпрацьованого конденсату та мінералізованої води від безперервної продувки парових котлів. Такі умови функціонування парової системи тепlopостачання для елементів транспортування нафти та важких нафтопродуктів можна забезпечити далеко не завжди.

Альтернативою паровим системам нагріву досі є печі прямого нагріву нафти. Але це пожежонебезпечне обладнання. Майданчик з такими печами необхідно обвалувати. Крім того, як всякі печі, вони мають низький ККД та погано регулюються. Разом з тим існують системи тепlopостачання, в яких в якості теплоносія виступають високотемпературні органічні теплоносії. Це ефективні суміші деяких органічних речовин. Головна їх відмінність від води - низька залежить тиску насичення від температури. Це означає, що вони при кипінні, наприклад на рівні 300°C мають тиск насичення 0,2МПа (2 бара). Крім того, вони не тільки не викликають корозію металів, а навпаки-забезпечують захист від корозії. Теплогенеруюче обладнання для їх нагріву достатньо просте, в експлуатації воно надійніше за паровий котел та набагато дешевше. Хоча ці теплоносії теж мають недоліки – значне температурне розширення та можливість окислення при прямому контакті з повітрям. Але ці вади легко виправляються конструктивними рішеннями.

Євген ВАКУЛЕНКО

Київський національний університет будівництва та архітектури, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПАЛЮВАННЯ НЕПРОЕКТНОГО ПАЛИВА ШЛЯХОМ ЗБАГАЧЕННЯ КИСНЕМ ДУТТЬОВОГО ПОВІТРЯ

На даний час рух в бік повної відмови від викопного палива сповільнився, через впливає низки негативних факторів, які мають відновлювальні джерела електроенергії. Альтернативні джерела енергії, такі як вітрова, сонячна, гідро-, геотермальна енергія, енергія хвиль і припливів, мають значний потенціал для зменшення залежності від викопного палива, але не позбавлені недоліків. Багато з цих джерел залежать від погодних умов або має низьку енергетичну густину, що знижує стабільність енергопостачання. Також вони можуть негативно впливати на екосистеми: наприклад, будівництво дамб для гідроелектростанцій змінює природний водний баланс, а вітряки становлять небезпеку для птахів і кажанів, а також можуть змінювати потоки вітру, що в свою чергу може змінювати клімат в певних регіонах.

Звідси виникає проблема пошуку альтернативних рішень для покращення екологічних та економічних показників існуючих підприємств, які працюють на викопному паливі. Найбільш радикальною подібною технологією є «Oxyfuel Combustion», але ця технологія вимагає повністю нового обладнання, що є

економічно не зовсім прийнятним, оскільки основною довгостроковою метою енергетики є відмова від викопного палива, а не заміна обладнання на більш ефективне. Також досить розповсюдженим методом є підігрівання вугільного пилу на шляху до топки, але він вимагає суворого контролю за цілістю пиловпроводів та підвищує можливість передчасного загоряння палива на шляху в котлоагрегат. Окрім цього, досить довго проводились випробування можливого покращення помелу твердого палива, але ці методи не показали значних покращень у роботі парогенератора.

Отже виникає потреба знайти методику покращення роботи парового котлоагрегату на викопному паливі, зокрема вугіллі, яка не вимагає великих економічних витрат та глобального переобладнання існуючих парових котлів. Таким методом є збагачення киснем повітря для горіння.

Аналізуючи сучасні методи отримання збагаченого киснем повітря доходимо до висновку, що найбільш прийнятним є мембранний - він не вимагає великої площі для установки та генерує достатній відсоток кисню у повітрі.

Найбільшу користь збагачене киснем дуттьове повітря може приносити для спалювання вугілля. Адже технологія спалювання вугільного пилу вимагає так званої «підсвітки» факелу природним газом. Це потрібно для підтримання необхідної температури горіння, що сприяє якісному вигоранню вугільного пилу. Також варто зазначити, що при зміні проектного палива на низько реакційні аналоги змінюється й витрата природного газу на підсвітку. Можна затверджувати, що при додаванні кисню у дуттьове повітря, збільшиться температура горіння. Разом зі збільшенням температури можна частково або повністю відмовитись від підсвічування факелу природним газом. Окрім цього варто зазначити позитивний вплив збагаченого киснем дуттьового повітря на всі види вугілля.

З метою оцінки можливостей збагачення киснем дуттьового повітря було проведено тепловий розрахунок для парового котла ТП – 170, який виробляє перегріту водяну пар кількість 170 т/год з тиском 10МПа. Розрахунок було проведено на газовому вугіллі марки «Г». Склад вугілля: Ср - 55,2%; Нр-3.8%; Ор – 5.8%; Нр - 1%; Sp - 2%; Ар - 22.6%; Wр - 9.6%. Данні для теплового розрахунку було взято для діючого котла, який встановлений на Дарницькій ТЕЦ в місті Києві. Також дослідження були проведені для проектного палива марки «АШ» та іншого аналогу - доступного для спалювання вугілля марки «Б».

Дослідження можливих результатів використання збагаченого киснем дуттьового повітря показує, що цей метод дає змогу підвищити ККД тепло генеруючої установки не менше, ніж на 3%, а це однозначно приводить до зменшення питомої витрати вугілля і відповідно до зменшення виникнення оксидів вуглецю і оксидів азоту. Крім того, за рахунок більшої глибини вигорання вугілля зменшиться кількість жужелиці, що також сприяє зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище. Чисельне моделювання процесів в топці котла при використанні збагаченого киснем повітря для горіння показує, що збільшується температура горіння в топці, а це призводить до зменшення концентрації СО за рахунок більш повного окиснення вуглецю. В топковому середовищі збільшується об'ємна доля триатомних газів та водяних парів, що інтенсифікує радіаційний теплообмін у топці та в конвективній частині котлоагрегату. Як наслідок

зменшується температури на виході з топки та втрати теплоти разом з продуктами згорання. Зменшення об'єму зони високої температури згорання призводить до зменшення часу перебування нітрогену в цій зоні, що зменшує кількість генерованих термічних оксидів нітрогену. Також зменшення відсотку нітрогену у дуттьовому повітрі веде до зменшення генерування атмосферних оксидів нітрогену. Всі ці зміни характерні для всіх видів вугілля, які досліджувались та показали схожу динаміку при збільшенні концентрації кисню у дуттьовому повітрі.

Запропонований метод не вимагає змін у конструкціях парогенераторів, має позитивний вплив на екологію, зменшуючи викиди CO та NOx в атмосферу. Також покращуються і економічні показники зменшуючи, витрату палива та збільшуючи ККД котлоагрегату, що значно зменшить собівартість отриманої електроенергії. Окрім цього цей метод є універсальним та підходить для всіх видів вугілля та природного газу.

Крістіна ГАБА, кандидатка технічних наук

Павло ГЛАМАЗДІН

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ОЧИЩЕННЯ ПОВЕРХОНЬ НАГРІВУ В ПРИСУТНОСТІ ПАР

Виведення з експлуатації теплообмінного обладнання, зокрема котлоагрегатів і теплообмінників, через перевищення допустимого гідравлічного опору є звичайною вимушеною практикою теплогенеруючих підприємств. Гідравлічний опір зростає внаслідок звуження прохідних перерізів трубопроводів або щілин пластин теплообмінників. Це відбувається в результаті формування накипних відкладень солей жорсткості, або ж котельного каменю, на внутрішніх поверхнях обладнання. Однак до моменту досягнення граничного значення гідравлічного опору котлоагрегат експлуатується у продовж тривалого часу. Під час цього експлуатаційного періоду відбувається перевитрата електричної енергії на привід насосів, поступове підвищення температури відхідних газів, зниження ккд обладнання, перевитрата палива. Як відомо, очищення поверхонь від котельного каменю зазвичай проводиться із застосуванням кислот, зокрема лимонної, щавлевої та агресивної сірчаної. При цьому паспортного значення гідравлічного опору після промивання так і не досягається через руйнуючі хімічні реакції металу стінок та кислоти.

Застосування поверхнево-активних речовин (ПАР) для руйнування накипних відкладень є можливим безпечним способом очищення поверхонь нагріву. ПАР є достатньо великими молекулами з полярною головою та неполярним хвостом. Адсорбція молекул ПАР викликає зниження поверхневого натягу на поверхні відкладень. Рідина проникає в устя мікротріщини під впливом капілярного тиску. При цьому з меніска краплі виділяються молекули найбільш поверхнево-активного компонента, що мігрують вперед і покривають поверхні щілини зі значно більшою швидкістю ніж всмоктування рідини загалом через в'язкий опір. У частині мікротріщин, заповненій рідиною, тонка плівка рідини може спричинити додатковий розклинюючий тиск.

Тверді тіла руйнуються у першу чергу у місцях дефектів міцності (макро- і мікротріщини – дефекти у кристалічній решітці). Явище пониження опору твердих тіл пружним і пластинчастим деформаціям, і як наслідок, руйнування тіл під дією адсорбції ПАР із зовнішнього середовищ має назву ефекту Ребіндера. Механізм його полягає у полегшенні розвитку мікрощілин внаслідок зменшення поверхневої енергії у присутності ПАР, в результаті чого відбувається деформування і руйнування твердого тіла.

Розвитку таких щілин сприяють розтягнення. У системах теплопостачання такими розтягненнями слугують температурні розширення внаслідок зміни температури теплоносія і зовнішнього повітря протягом опалювального сезону.

Були проведені численні експериментальні дослідження по очищенню поверхонь нагріву від відкладень у присутності ПАР. Було досягнуто повного очищення елементів систем теплопостачання у лабораторних умовах при температурах близько 100 °С. Експрес-промивання котлоагрегатів протягом двох днів при тисках до 0.2 МПа і температурах 95 °С. дали пониження гідравлічного опору на 70%. Очищення внутрішніх поверхонь котлоагрегатів на ходу дали позитивні результати, було досягнуто значень паспортного гідравлічного опору однак за тривалий термін – близько трьох місяців. Таким чином, для процесу очищення поверхонь визначальними параметрами є параметри теплоносія та час дії розчину ПАР на відкладення.

Віталій БАШКІР

Павло ГЛАМАЗДІН

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМ ГАЗОПОСТАЧАННЯ РАЙОННИХ КОТЕЛЕНЬ ТА СТАНЦІЙ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Головним трендом європейської енергетики вважається боротьба з негативним впливом спалювання органічних палив на глобальне потепління шляхом відмови від них до 2050 року та переходом повністю до відновлювальних джерел енергії, зокрема теплової.

Однак на шляху до поставленої мети вже дали про себе знати різні проблеми і можна прогнозувати появу нових. Навіть при умові вирішення всіх проблем до названої Єврокомісією дати промисловість і велика енергетика працюватиме з використанням викопного палива. При цьому боротьба за відмову від органічного палива не є самоціллю. Головне – це зменшення шкідливих викидів в атмосферу вже зараз, не чекаючи 2050 року.

Одним з великих джерел забруднення атмосфери в містах є опалювальні котельні та ТЕЦ. В європейських країнах прийняті досить жорсткі нормативні акти щодо можливого вмісту таких шкідливостей як оксид азоту та вуглецю в продуктах згорання органічних палив. Зокрема для природного газу це граничний вміст 100 мг/м³ NO_x та CO. В Україні та відповідно в Києві таким вимогам відповідають тільки деякі котли, що ввезені з країн Євросоюзу останнім часом. Але їх не більше 2-3% серед усіх котлів, що експлуатуються в Україні.

Для виправлення становища можливі два шляхи: повна заміна теплогенеруючого обладнання на нове або поступова їх модернізація з метою підвищення до вимог європейських норм по викидам в атмосферу. Останній варіант більше стосується більш-менш потужних котлів – від 2 МВт і вище. Вартість модернізації менш потужних котлів може зрівнюватися з вартістю нового сучасного котла, який відповідає існуючим нормам.

В свою чергу модернізація може проектуватись теж в двох варіантах. Вона може мати за мету або тільки підвищення екологічних характеристик котла, або мати комплексний характер – крім покращення екологічних показників підвищувати і ккд котла. Щоправда, підвищення ккд веде до зниження питомої витрати палива і в результаті до підвищення екологічних показників через загальне зменшення об'ємів продуктів згорання.

В обох варіантах модернізації необхідно провести заміну існуючих систем автоматизації існуючих котлів, які безнадійно застаріли, на сучасні. Сучасні системи дозволяють використовувати адаптивні алгоритми керування, виконувати з високою точністю регулювання потужності котлів згідно змінам потреб споживачів у теплі, а також гнучко регулювати процеси горіння в котлах з урахуванням зміни в складі палива, зокрема підтримувати в усьому діапазоні регулювання котла оптимальне співвідношення витрати дуттьового повітря до витрати палива.

Однак досягненню реалізації всіх можливостей сучасних систем автоматики може заважати застаріле обладнання системи газопостачання теплогенеруючих установок та самих котлів. По-перше, майже всі водогрійні котли в опалювальних котельнях регулювалися вручну. Автоматика забезпечуватиме тільки безпечну експлуатацію котлів. По-друге, для районних котелень та станцій теплопостачання в Києві системи газопостачання проектувалися в 60-70х роках минулого століття в ті самі часи коли проектувалися та будувалися самі джерела теплоти. На сьогодні обладнання газорегулюючих пунктів та установок не відповідають вимогам, які до них висувають новітні пальники з низькими викидами шкідливостей з їхніми точними і швидкодіючими системами регулювання. Крім того, в котельнях за роки їх експлуатації іноді мінялось і обладнання і навантаження на них, але в системи газопостачання зміни не вносились.

Через викладене вище при розробленні проектів модернізації водогрійних котлів опалювальних котелень, особливо великої потужності – районних та станцій теплопостачання, необхідно обов'язково передбачити реконструкцію системи газопостачання.

Дар'я ОМЕЛЬЧЕНКО

Павло ГЛАМАЗДІН

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ІНДИВІДУАЛЬНИЙ ТЕПЛОВИЙ ПУНКТ З ТЕПЛОВИМИ НАСОСАМИ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

На сьогоднішній день системи централізованого теплопостачання українських міст перебувають у складному стані. Обсяг наданих послуг із

забезпечення тепла для опалення та гарячої води для населення постійно скорочується. Для покращення ситуації потрібні рішучі заходи у двох основних напрямках.

Перший напрямок – це суворе дотримання правил експлуатації, своєчасне проведення аварійних, капітальних і профілактичних ремонтів, що дозволить забезпечити стабільність роботи існуючої інфраструктури.

Другий напрямок – заміна обладнання, яке вичерпало свій паспортний термін експлуатації. Однак така заміна має враховувати сучасні тенденції у сфері тепlopостачання. Вибір нових, більш енергоефективних технологій має базуватися на комплексній модернізації системи тепlopостачання, з урахуванням останніх наукових розробок і практичного досвіду, зокрема країн Північної Європи. У цих країнах системи централізованого тепlopостачання активно розвиваються, демонструючи інноваційний підхід до використання різноманітних джерел теплової енергії.

Сучасні системи тепlopостачання характеризуються утилізацією вторинного тепла від промислових об'єктів та торговельних центрів, великих обчислювальних комплексів та інших об'єктів та залученням відновлюваних джерел енергії, таких як геотермальні системи та геліоустановки з тепловими насосами типу "повітря-вода", "вода-вода" та "ґрунт-вода".

Оскільки подібні джерела теплоти є в основному низькопотенційними, тобто з невисокою температурою теплоносія, то звідси витікає необхідність використовувати в системі знижений температурний графік. Другою особливістю західних систем тепlopостачання є інтеграція систем тепlopостачання з електропостачанням у єдину енергетичну мережу міста. Це дозволяє максимально ефективно використовувати надлишки електроенергії з відновлюваних джерел, таких як вітрові та сонячні електростанції. Електроенергія може бути спрямована на теплові насоси, опалювальні прилади або накопичувачі тепла.

В Україні також намітилася тенденція до зниження температурного графіка порівняно з нормативним у ДБН графіком 150/70°C. Наприклад, у Києві застосовується графік 115/70°C. Це обумовлено бажанням зменшити ризики проривів зношених трубопроводів при підвищених температурах теплоносія.

Бажано подальше зниження температурного графіка, наприклад до 80°C-60°C або навіть 50°C-30°C. Такий графік, крім реалізації можливостей під'єднання до теплової мережі розсереджених джерел поновлювальної теплоти або утилізації поновлювальної теплоти від деяких об'єктів дають суттєве зниження теплових втрат у трубопроводах і здешевлюють теплові мережі через зниження вимог до матеріалів труб та арматури.

Застосування зниженого температурного графіка має свої переваги, однак стикається з проблемою недостатньої потужності існуючих систем опалення у житлових будівлях, що вже експлуатуються. Системи опалення в таких будівлях були спроектовані для підтримання температури повітря в приміщеннях на рівні +18°C при використанні температурного графіка 95/70°C. У сучасних нормативних документах закріплена вимога забезпечення температури +20°C, що створює

додаткові виклики. Для уникнення повної реконструкції систем опалення з метою підвищення їх потужності пропонуються два можливі шляхи.

Перший - це термосанація будівлі. Це передбачає зниження тепловтрат через комплекс заходів з утеплення (заміна вікон, утеплення фасадів, даху тощо). Однак повна термомодернізація будівлі є складною та дорогою задачею, яка в умовах України реалізується повільно і часто хаотично, що може не забезпечити очікуваного ефекту.

Другий шлях більш реалістичний і досягнути його можна двома методами. Можна використати прямий електронагрів, який є простим в реалізації, але характеризується високим енергоспоживанням, що робить його економічно не вигідним у довгостроковій перспективі. Або використати теплові насоси. Цей варіант є енергоефективнішим, який дозволяє суттєво знизити витрати електроенергії. В цьому разі можливі три варіанти. В якості джерела теплоти можна використовувати відпрацьовану воду з системи каналізації. Але в цьому методі є дві вади – по-перше, висока забрудненість води вимагає застосування додаткового обладнання для очищення, а по-друге, нерівномірне надходження води протягом доби потребує встановлення буферних ємностей. Другий варіант – це використання повітряних теплових насосів. В цьому варіанті виникає проблема боротьби з шумом, який генерує вентилятор теплового насоса. Крім того зі зниженням температури зовнішнього повітря знижується коефіцієнт перетворення повітряного теплового насоса.

Тому інтеграція теплового насоса вода-вода безпосередньо в систему абонентського вводу бачиться найбільш ефективним рішенням, яке дозволяє ефективно догрівати теплоносій на вході в будівлі за рахунок охолодження зворотної води із мінімальними втратами.

У запропонованій схемі теплового пункту випарник теплового насоса розташовується на зворотному трубопроводі після абонентського вводу, а конденсатор – на подаючому трубопроводі перед абонентським вводом. Наприклад, при зниженому графіку 80/60°C у найхолодніші дні (п'ятиденки) для досягнення необхідної температури 95°C в опалювальних приладах потрібно компенсувати дефіцит у 15°C. Для забезпечення цієї різниці тепловий насос повинен забирати тепло зі зворотного трубопроводу, знижуючи температуру зворотної води. Зменшення температури зворотного теплоносія на 15°C обумовлюють досягнення різниці температур між випарником і конденсатором у 50°C. При такій значній температурній різниці ефективність роботи теплового насоса може суттєво знижуватися. Це пов'язано з тим, що для забезпечення такого перепаду потрібно більше енергії на привід компресора, що впливає на коефіцієнт перетворення.

При значному температурному перепаді між випарником і конденсатором ефективна експлуатація насоса з високим COP стає мало ймовірною. Тому для реалізації такої схеми необхідно ретельно аналізувати техніко-економічну доцільність і шукати способи зменшення температурного перепаду або оптимізувати конструкцію насоса.

Для забезпечення високого коефіцієнта перетворення тепла при значних перепадах температур доцільно використовувати здвоєні теплові насоси. У здвоєній схемі перший ступінь теплового насоса виконує конденсацію теплоносія,

передаючи тепло у проміжний теплообмінник. У цьому теплообміннику тепло конденсації використовується для випаровування фреону у другому ступені, забезпечуючи ефективну передачу теплової енергії навіть за умов великих перепадів температур. Здвоєні теплові насоси дозволяють оптимізувати роботу системи у різних температурних режимах, забезпечуючи стабільну ефективність при зменшенні кліматичних навантажень. Цей підхід є технічно реалізуємим для сучасних та перспективних систем тепlopостачання з низько температурними графіками.

Водопостачання та водовідведення. Інженерія. Технології

Олександр КРАВЧЕНКО, доктор технічних наук

Оксана НЕЧИПОР, кандидатка технічних наук

Тетяна КУБА

Нестан ТАВАРТКІЛАДЗЕ

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ ЗОВНІШНІХ МЕРЕЖ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ В УКРАЇНІ: АКТУАЛЬНІСТЬ, ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

На сьогоднішній день Державні будівельні норми (ДБН) України щодо проектування зовнішніх мереж водопостачання та водовідведення не враховують сучасні технології, матеріали та світовий досвід. Це призводить до неефективного використання ресурсів, збільшення вартості будівництва та експлуатації мереж, а також до негативного впливу на навколишнє середовище. Постає необхідність аналізу існуючих ДБН, виявлення їх основних недоліків та обґрунтування необхідності їх оновлення, а також розгляду ключових технічних аспектів, які необхідно врахувати при розробці нових ДБН, та пропозицій етапів їх впровадження.

Існуючі ДБН для проектування зовнішніх мереж водопостачання та водовідведення були розроблені багато років тому і не відповідають сучасним вимогам. Основними недоліками цих норм є їх технічна застарілість, недостатня гнучкість, відсутність комплексного підходу, недостатня увага до екологічних аспектів та складність застосування

Це може призводити до неможливості застосування інноваційних рішень, які могли б забезпечити більш ефективну та економічну реалізацію проекту, а також до помилок у проектуванні та зниження якості будівництва.

Відсутність урахування сучасних технологій та матеріалів призводить до збільшення вартості будівництва та експлуатації мереж, а також до нераціонального використання ресурсів. Недостатня гнучкість норм ускладнює їх адаптацію до специфічних умов кожного проекту, що може призводити до неоптимальних рішень. Крім того, відсутність комплексного підходу та недостатня увага до екологічних аспектів можуть призводити до негативного впливу на навколишнє середовище та здоров'я населення.

У зв'язку з цим, оновлення ДБН є нагальною потребою. Нові норми повинні бути розроблені з урахуванням сучасних тенденцій у галузі водопостачання та водовідведення, а також відповідати міжнародним стандартам.

При розробці нових ДБН необхідно звернути особливу увагу на такі технічні аспекти проектування зовнішніх мереж, як вибір матеріалів труб, гідравлічний розрахунок, захист від корозії, врахування сейсмічності, використання геоінформаційних систем (ГІС) для оптимізації проектування, енергоефективність, екологічна безпека, комплексний підхід та доступність і зрозумілість.

Слід враховувати вплив мереж на навколишнє середовище та передбачати заходи щодо його мінімізації. Необхідно враховувати взаємозв'язок між різними інженерними системами та забезпечувати їх узгоджену роботу. Це дозволить уникнути конфліктів та забезпечити ефективну роботу всієї інфраструктури.

Нові ДБН повинні бути доступними та зрозумілими для широкого кола фахівців, що сприятиме підвищенню якості проектування та зменшенню кількості помилок. Для цього необхідно використовувати чітку та зрозумілу термінологію, уникати складних формулювань та забезпечити наявність ілюстративних матеріалів та прикладів.

Впровадження нових ДБН передбачає комплексний підхід та включає такі етапи: проведення детального аналізу існуючих ДБН та передового світового досвіду; розробка концепції нових ДБН, яка визначить основні принципи та підходи; розробка проекту нових ДБН, який міститиме конкретні технічні вимоги та нормативи; опублікування проекту нових ДБН для громадського обговорення; доопрацювання проекту з урахуванням результатів громадського обговорення та затвердження його як нових ДБН та впровадження нових ДБН у практику проектування та будівництва.

На етапі впровадження необхідно провести навчання фахівців, розробку методичних рекомендацій та забезпечення контролю за дотриманням нових норм.

Розробка нових ДБН для проектування зовнішніх мереж водопостачання та водовідведення є важливим кроком на шляху до модернізації та підвищення ефективності інфраструктури України.

Нові ДБН повинні враховувати сучасні технології, матеріали та світовий досвід, а також бути більш гнучкими та адаптованими до специфіки конкретних проектів.

Це дозволить знизити вартість будівництва та експлуатації мереж, підвищити їх надійність та довговічність, зменшити негативний вплив на навколишнє середовище, забезпечити сталий розвиток інфраструктури водопостачання та водовідведення в Україні, сприяти впровадженню інноваційних технологій та матеріалів у галузі, підвищити якість проектування та будівництва мереж та забезпечити відповідність українських норм міжнародним стандартам.

Орест ВЕРБОВСЬКИЙ, кандидат технічних наук

Вадим ОРЕЛ, кандидат технічних наук

Оксана МАЦІЄВСЬКА, кандидатка технічних наук

Назарій ЖЕПЛІНСЬКИЙ

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

ЕЛЕКТРОЗНЕВОДНЕННЯ АКТИВНОГО МУЛУ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ ОЧИСНИХ СПОРУД м. ТЕРНОПОЛЯ

Осади стічних вод, що утворюються на каналізаційних очисних спорудах, становлять невеликий відсоток від об'єму очищених стічних вод. Проте, витрати на обробку та утилізацію осаду становлять левову частку експлуатаційних витрат каналізаційних очисних споруд. Осади містять шкідливі й токсичні речовини. З іншого боку, осади є джерелом вуглецю, поживних речовин і мікроелементів, отже їх можна ефективно утилізувати. Важливим етапом утилізації осадів є їхнє зневоднення, зокрема із застосуванням електричного струму.

Досліджували електрозневоднення активного мулу вологістю 98% з вторинних відстійників каналізаційних очисних споруд м. Тернопіль постійним електричним струмом. Використовували емпіричні методи дослідження.

Експерименти проводили на лабораторному стенді з U-подібною склянню трубою з вугільними стрижневими анодом і катодом. Внутрішній діаметр U-подібної скляної трубки – 20 мм. У трубку заливали порцію активного мулу об'ємом 100 см³. З випрямляча електричного струму на електроди подавали напругу 30 В, а отже крізь активний мул подавали постійний електричний струм. Тривалість оброблення активного мулу постійним електричним струмом становила 24 год і 48 год. Електрозневоднення проводили за кімнатної температури. Під дією електричного струму відбувалося відстоювання осаду з виділенням шару проясненої води.

Ефект впливу електричного поля спостерігався в загасаючому періоді, коли після значного відділення води з осаду стічних вод, процес електрозневоднення сповільнюється. Отримані результати порівняно з результатами електрозневоднення активного мулу вологістю 98% з вторинних відстійників каналізаційних очисних споруд м. Тернопіль на стенді з графітовими стрижневим анодом і плоским катодом, отриманими іншими дослідниками. Електрозневоднення активного мулу на обох стендах дає практично однаковий ефект. У процесі електрозневоднення на обох стендах внаслідок електролізу спостерігали виділення бульбашок газу на електродах.

Підтверджено, що зневоднення осадів стічних вод за допомогою постійного електричного струму можна використовувати на мулових майданчиках каналізаційних очисних споруд.

Валерій МАКАРЕНКО, доктор технічних наук

Володимир ГОЦ, доктор технічних наук

Тетяна АРГАТЕНКО, кандидатка технічних наук

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ТРУБНИХ СТАЛЕЙ СИСТЕМ ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Серед основних причин руйнувань трубопроводів систем водовідведення значне місце посідають корозійні ушкодження матеріалу труб. Проведено експериментальні дослідження з вивчення кінетики росту тріщин, залежність від параметрів тріщиностійкості і тривалої міцності трубних сталей різних термінів експлуатації та їх структурно-фазового складу. Встановлено, що значення критичного напруження для усіх дослідних сталей збільшується при зростанні терміну експлуатації труб. При цьому зменшується ударна в'язкість дослідних зразків, що свідчить про структурне окрихчення сталей, пов'язане з їх різким наводненням. Показано, що найбільш високі в'язко-пластичні властивості та спротив крихкому руйнуванню має сталь марки 06Г2БА, яка економно модифікована карбідоутворюючим елементом (ванадій). Цей матеріал відрізняється дрібнозернистою структурою, має низький вміст шкідливих домішок, зокрема, сірки та фосфору. Рентгеноструктурними методами оцінено мікронапруження кристалічної решітки α -Fe, а також кількісний розпад цементиту і перерозподіл вуглецю між феритом і перлітом. Сталь марки 06Г2БА рекомендується для використання у будівництві трубопроводів та, наприклад, мостових конструкцій, які постійно знаходяться під циклічними навантаженнями при одночасному контакті з корозійно-агресивним середовищем. Визначено вплив терміну експлуатації трубопроводів на вміст водню і мікровідкол в трубних сталях. Рекомендовано діаграму взаємозв'язку тривалої і статичної міцності в залежності від вмісту водню в сталях, яку можна використовувати конструкторам для раціонального вибору типу сталей з високою тріщиностійкістю в агресивних технологічних середовищах.

Анастасія СОСЕДКО

Геннадій КОЧЕТОВ, доктор технічних наук

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

РОЗРОБКА КОМПЛЕКСНОЇ ОЧИСТКИ СТИЧНИХ ВОД ЛІНІЇ ЦИНКУВАННЯ ГАЛЬВАНІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

Розглянуто перспективи підвищення рівня екологічної безпеки промислових підприємств в результаті реалізації новітньої комплексної технології очистки стічних вод. Проведено аналіз літературних джерел, щодо ефективності застосування існуючих методів очистки стічних вод, які містять сполуки важких металів. Досліджено ефективність вилучення іонів заліза при переробці розчинів травлення сталевих компонентів методом феритизації при різних способах активації реакційної суміші. Рентгенофазовий аналіз отриманих осадів

феритизації засвідчив наявність високодисперсних феромагнітних фаз оксидів та оксигідроксидів заліза. Досліджено сорбційну здатність осаду магнетиту отриманого феритизацією на ефективність вилучення іонів цинку із стічних вод лінії цинкування. Визначено вплив величини рН та застосування ультразвуку на процес сорбційної очистки промивних стічних вод осадом магнетиту. При обробці сорбенту ультразвуком та підвищенні рН до 10 залишкова концентрація іонів цинку в промивній стічній воді знижується до 0,31 мг/дм³, ступінь очистки - 98,9 %. Така вода відповідає нормативам для її використання в операціях промивки деталей на гальванічному виробництві або скиду в міську центральну каналізаційну систему. Розглянуто перспективи утилізації відпрацьованих сорбентів у порошкових лакофарбових матеріалах в результаті залучення до їх складу продуктів феритизаційної переробки відходів гальванічного виробництва. Використання феромагнітних відходів сорбційної очистки покращує корозійну стійкість отриманих покриттів порівняно з традиційними. Впровадження результатів дослідження на підприємствах дозволить запобігти забрудненню довкілля токсичними речовинами, змінити застарілі виробничі технології, та отримати із відходів виробництва матеріали для захисту від корозії будівельних металевих виробів та конструкцій.

Степан ЕПОЯН, доктор технічних наук

Тамара АЙРАПЕТЯН, кандидатка технічних наук

Олександр ГАЙДУЧОК, кандидат технічних наук

Владислав МІРОШНИК

*Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова, Україна*

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ РОБОТИ КОЛОВОРОТНО-ВИРОВОЇ КАМЕРИ УТВОРЕННЯ ПЛАСТІВЦІВ І ЇЇ ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА КОНСТРУКТИВНІ ПАРАМЕТРИ

У сучасних умовах підвищення ефективності очистки води з поверхневих джерел дуже актуально. Метою даної роботи є інтенсифікація роботи коловоротно-вихрової камери утворення пластівців при підготовці води з поверхневих джерел з подальшим відстоюванням в горизонтальних відстійниках.

Розроблена коловоротно-вихрова камера прямокутної форми, має дві поперечні перегородки, які поділяють резервуар на три секції. Ширина камери дорівнює ширині відстійника. Для розподілу води по довжині і ширині камери на дні її укладено дві труби (або два короби) до верхньої частини яких приєднані штуцера, на яких знаходяться сопла-насадки. Сопла-насадки розташовані під кутом 45° до дна камери утворення пластівців і тангенціально направлені в протилежні сторони один відносно одного. Для повного спорожнення камери утворення пластівців передбачені перфоровані труби, укладені на дні камери поруч з розподільною системою. Кількість штуцерів з соплами-насадками в кожній секції чотири (по два штуцера з соплами-насадками на кожній трубі в одній секції). У першій і в другій секції камери утворення пластівців (рахуючи від початку відстійника) встановлені запірно-регулювальні пристрої для можливості зміни

умов процесу утворення пластівців (градієнта швидкості, швидкості висхідного потоку, гранично допустимої швидкості, часу перебування води в камері).

Принцип дії запропонованої коловоротно-вихрової камери утворення пластівців наступний: перед подачею вихідної води в камеру утворення пластівців вводять розчин коагулянту в розподільчу систему. Далі вода з розчином коагулянту рухається по розподільчій системі та надходить в штуцери, а потім в сопла-насадки кожної секції камери. Виходячи з сопел-насадок потік набуває коловоротний рух і підіймається вгору. За рахунок тангенціально спрямованих сопел-насадок в протилежні сторони один щодо одного обертальний рух поступово переходить в хаотично-поступальний. Дійшовши до верху перегоронок, потік води разом з утвореними пластівцями рухається горизонтально і надходить в горизонтальний відстійник.

На підставі результатів досліджень прийняті наступні параметри коловоротно-вихрової камери утворення пластівців (флокуляції): камера вбудована або прибудована до горизонтального відстійника; час перебування води складає 200 – 300 с; градієнт швидкості – 45 – 80 с⁻¹; висота розраховується в залежності від глибини відстійника; відстань між розподільчими трубами – 3 м; відстань від розподільчої труби до стіни камери – 1,5 м; кут нахилу сопел-насадок - 45° до дна; сопла-насадки влаштовані тангенціально та направлені в протилежні сторони відносно одна одної; повне спорожнення камери утворення пластівців проводиться 2 перфорованими трубами, які розташовані поряд з розподільчими; перша і друга секції камери утворення пластівців мають запірно-регулювальні пристрої, які встановлені на розподільчих трубах (коробах).

Світлана ВЕЛИЧКО, кандидатка технічних наук

Олена ДУПЛЯК, кандидатка технічних наук

Руслан ІЛЬКІВ

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ ФІЛЬТРАЦІЙНОГО ТИСКУ НА ОСНОВУ ВОДОЗЛИВНОЇ ГРЕБЛІ НА ПК SEER/W У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

Сучасне освітнє середовище повинно забезпечити формування загальних та професійних (спеціальних) компетентностей майбутнього фахівця. Підготовка здобувача STEM спеціальностей в сучасних умовах не можлива без вивчення сучасних інформаційних технологій та спеціальних програмних комплексів для розрахунків. Компанії розробники та стейкхолдери зацікавлені в підготовці здобувачів з використанням сучасних розрахункових програм і надають різноманітні можливості для навчання. Навчальні плани поступово скорочують кількість аудиторних занять, використання спеціальних розрахункових програм дозволяє виконати більшу кількість необхідних розрахунків на короткий час, побачити результат, виправити допущені помилки, підібрати оптимальне конструктивне рішення отже сприяє розвитку критичного мислення та навичок самостійної роботи здобувача.

Практика впровадження інформаційних технологій від простих до складних поширена як в Україні так і за кордоном, і скрізь відмічається більша мотивація і

задоволення студентів від використання програмних комплексів та вирішення складних практичних завдань.

Мета досліджень: дослідження сили фільтраційного тиску на основу водозливної греблі на прикладі ПК Seep/W для використання в сучасних інженерних розрахунках стійкості споруди під час навчального процесу. В статті наведений приклад розрахунку фільтраційного та зважуючого тиску та методика розрахунку вручну та на ПК Seep/W підземного контуру водозливної греблі, проект якої здобувачі виконують на 4 курсі бакалаврату. Виконано порівняння результатів розрахунку вручну та на ПК Seep/W. Використання ПК Seep/W дозволяє моделювати гідротехнічні споруди без суттєвого спрощення підземного контуру, що не збільшує працемісткість, але дозволяє виконати більш точні розрахунки.

Використання в навчальному процесі розрахунків на інженерних програмних комплексах є однією зі складових навчального процесу, який дозволяє здобувачам проробити на практиці більшу кількість варіантів розрахунків та наочно ознайомитися з наслідками зміни вхідних параметрів моделі. Сучасні ПК є достатньо складними, вимагають додаткових знань та навичок роботи, спонукає здобувачів до вивчення додаткової інформації, що сприяє розвитку індивідуальної траєкторії здобувача. Більшість сучасних програмних комплексів є англomовними, що також стимулює вивчення професійної англomовної лексики.

Микола СИТНІЧЕНКО, кандидат технічних наук

Донбаська національна академія будівництва і архітектури, Україна

ДП «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут міського господарства», Україна

Ганна АНАЦЬКА

Донбаська національна академія будівництва і архітектури, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО КОЕФІЦІЄНТА СТОКУ ДЛЯ МІСЬКИХ ВОДОЗБІРНИХ БАСЕЙНІВ НА ПРИКЛАДІ МІСТА КИЇВ

Проблема точності визначення об'єму поверхневих стічних вод, які утворились внаслідок випадіння атмосферних опадів та сніготанення на території площі стоку та надходять до систем відведення поверхневих стічних вод, відома і залежить від методів, що зазвичай використовуються для характеристики трансформації опадів у стік, які неявно або явно враховують ступінь водонепроникності у межах водозбірної площі. При визначенні кількості поверхневих стічних вод, які утворились на території площі стоку внаслідок випадіння атмосферних опадів та сніготанення, та надходять до систем відведення поверхневих стічних вод використовують загальний (річний) коефіцієнт стоку який відрізняється залежно від виду поверхні та визначається на підставі даних, наведених у пунктах 7.3 7.4 ДСТУ 3013-95 «Правила контролю за відведенням дощових і снігових стічних вод з територій міст і промислових підприємств».

Регресійні моделі, які використовуються для оцінки, усереднених по ділянці, коефіцієнтів стоку зазвичай є нетрансформованими моделями, що ґрунтуються на відсотку або частці загальної водонепроникної площі у басейні.

Хоча коефіцієнт стоку є відношенням обсягу стоку до кількості опадів, головний чинник що визначає загальний коефіцієнт стоку пов'язаний з типом поверхні яка характеризується водонепроникністю, типом ґрунту та попередніми умовами його вологості.

Моделювання параметра F/P який характеризує об'єм втрат від загальної кількості опадів залежно від властивостей поверхні, а саме водонепроникності й коефіцієнту фільтрації, дозволяє згенерувати значення загального коефіцієнта стоку для умов м. Київ відповідно для водонепроникності з часткою 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 та коефіцієнтом фільтрації 0,5, 1, 2, 4, 7, 12, 20 мм/год. Для вибірок з генерованих значень загального коефіцієнта стоку з відповідною часткою водонепроникності обчислені статистичні показники та побудовані коробкові діаграми.

Дескриптивна статистика вибірок загального коефіцієнта стоку для водонепроникності з часткою 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 у вигляді функцій статистичних характеристик дозволила встановити що функції коефіцієнта стоку від статистичних показників апроксимуються лінійною регресійною формою.

Отримано для умов м. Київ рівняння регресії загального коефіцієнта стоку від частки загальної водонепроникної площі при відповідному коефіцієнті фільтрації ґрунту, які більш повно враховують інфільтраційний потенціал ґрунту та ступень вологості водозбору перед початком дощу, що надає можливість більш точно визначити кількість поверхневих стічних вод, які утворились на території площі стоку внаслідок випадіння атмосферних опадів та сніготанення, та надходять до систем відведення поверхневих стічних вод.

Юрій КОПАНИЦЯ, кандидат технічних наук

Олена ГИЖА, кандидатка технічних наук

Оксана НЕЧИПОР, кандидатка технічних наук

Олександр КОРМІЛЬЦІН

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ СИЛИ ГІДРОСТАТИЧНОГО ТИСКУ НА ПЛОСКУ ПОВЕРХНЮ ДОВІЛЬНОЇ НЕСИМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ МЕТОДОМ ТРЬОХ КОМАНД K123

Конкурентна боротьба в умовах широкого доступу до необмежених об'ємів інформації та комп'ютеризація всіх галузей виробництва й сервісів висуває жорсткі вимоги до спеціалізованих знань, практичних навичок та загальної математичної культури майбутніх інженерів.

Представлено онлайн програму сучасного багатоваріантного інженерного розрахунку задачі визначення сили гідростатичного тиску на елемент плоскої несиметричної поверхні із криволінійною гранню – <https://www.k123.org.ua/jeh5.html>. Алгоритми реалізовано за авторським методом трьох команд K123 © Копаниці Ю.Д (далі метод K123). Реалізовано клієнт-серверне рішення на базі технології CGI із веб-формою вводу вихідних даних.

Результати онлайн розрахунку виконано за новими аналітичними залежностями, які отримано на основі методу трьох команд K123. Паралельно

впроваджено реалізацію чисельні алгоритми методу трьох команд K123 й виводи відповідних розрахунків у табличній формі.

Серверна програма генерує графіку на основі координат точок, які отримано ітераційними розрахунками за алгоритмами чисельної реалізації методу K123. Автоматично визначається відносна похибка ітераційних розрахунків та оцінка точності результату на основі запропонованих точних аналітичних залежностей.

В роботі представлено :

- дослідження варіантів програмування статичної веб-сторінки із постановкою задачі для мобільних та стаціонарних платформ;

- розроблено формати аудіо, відео й текстової подачі довідкової інформації, яка включає три варіанти вирішення поставленої задачі: функціональні залежності для точного аналітичного розрахунку, презентація графічного рішення задачі та алгоритм й формули чисельної реалізації розрахунку задачі за авторським методом K123;

- динамічне форматування та вивід результатів розрахунків в інтерактивному онлайн режимі за клієнт-серверною технологією із урахуванням вимог до сучасних мобільних платформ;

- передбачено вивід результатів окремого ітераційного розрахунку за методом K123 для налагодження, тестування й отладки програмного коду у разі використання у навчальному процесі елементів програмування в системі комп'ютерної математики (на прикладі CAS MAXIMA);

- реалізовано вивід у табличному форматі всіх проміжних ітераційних розрахунків (без обмеження кількості ітерацій);

- серверна частина програми автоматично масштабує й генерує відповідне до заданої кількості ітерацій графічне відображення результатів ітераційних розрахунків;

- впроваджено аналіз та генерацію рекомендацій щодо оцінки точності розрахунків у відносних одиницях для аналітичного точного рішення та чисельного результату із заданою кількістю ітерацій;

- програмно реалізована автоматична підвищена точність розрахунків шляхом подвоєної та збільшеної вчетверо кількості ітерацій. Паралельно проведено порівняльний аналіз оцінки точності розрахунку за чисельною реалізацією методу K123 із вищеозначеними кількостями ітерацій та відповідними результатами за запропонованими аналітичними залежностями.

Результати досліджень опубліковано у збірнику «Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки», вип.47, 2024 - DOI: 10.32347/2524-0021.2024.47.12-22 Адреса клієнт-серверної реалізації програмного комплексу за посиланням - <https://www.k123.org.ua/jeh5.html> Розглянутий онлайн ресурс дозволяє впроваджувати у навчальний процес елементи прикладних інженерних розрахунків, опанувати методики багатоваріантних технологій сучасних розрахунків, знайомить із новими технологіями, новими теоретичними положеннями й прикладними розрахунками. Реалізація відкритого онлайн сервісу й миттєвого розрахунку із відображенням результатів дозволяє впроваджувати сучасні інформаційні технології у навчальний процес.

Андрій КРАВЧУК, доктор технічних наук

Олександр КРАВЧУК, кандидат технічних наук

Олександр ВОЗНИЙ

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

Ольга КРАВЧУК

Національний транспортний університет, Україна

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ЗБІРНИХ ТРУБОПРОВОДІВ ПРИ НАЯВНОСТІ ТРАНЗИТУ І ПОХИЛУ РІВНЯ ҐРУНТОВИХ ВОД

Розглянуто умови роботи напірних збірних дренажних трубопроводів меліоративних систем, які працюють при наявності транзитної витрати і рівня поверхні ґрунтових вод. Проаналізована система диференційних рівнянь, які описують рух рідини зі змінною витратою в дренажній трубі за умови входу в неї рідини з навколишнього ґрунту через бічні стінки в режимі фільтрації. Досліджувана система рівнянь складається з рівняння гідравліки змінної маси і модифікованого рівняння фільтрації. Даний трубопровід прокладений горизонтально і працює при наявності похилу поверхні рівня ґрунтових вод (РГВ). Суттєвим ускладненням роботи таких труб є наявність транзитної витрати, яка надходить в їх початковий переріз і транспортується за всією довжиною дренажного трубопроводу. Показано, що в даному випадку, без суттєвої похибки другим членом в першому рівнянні, у зв'язку з його несуттєвим впливом, можна знехтувати. Шляхом введення нових змінних вихідна система зводиться до безрозмірного вигляду.

Представлено розв'язок даної системи рівнянь. Показано, що в даному випадку розв'язок вихідної системи рівнянь залежить від величини чотирьох основних факторів: коефіцієнта опору збірної дренажного трубопроводу « ζ »; узагальненого параметра « A », який комплексно враховує конструктивні і фільтраційні характеристики розглядуваного потоку; похилу рівня ґрунтових вод « I » і величини транзитної витрати « $Q_{тр}$ ». При аналізі використано поняття нескінченно довгого горизонтального дренажного трубопроводу, який працює при наявності похилу РГВ і транзитної витрати, або, що теж саме, трубопроводу з нескінченною фільтраційною спроможністю стінок бічної поверхні. Відмічається, що такий трубопровід буде мати максимальну пропускну спроможність в порівнянні з таким же трубопроводом обмеженої довжини. Особливістю роботи таких труб є наявність конкретного діаметра дрени в початковому перерізі дрени нескінченної довжини « D_n », який відповідає величині транзитної витрати і прийнятої (мінімально допустимої, незамулюючої) середньої швидкості руху води в довільному поперечному перерізі « $V_{дол}$ » труби.

На основі проведеного аналізу отримано відносно прості і зручні у використанні аналітичні залежності для розрахунку характеру зміни витрати і перепаду напорів за довжиною даного дренажного трубопроводу, що працює при наявності транзиту. Для спрощення розрахунків запропоновано відповідні допоміжні графічні залежності. Підтверджено, що при пропуску транзитної витрати величина геометричного похилу РГВ, поряд з коефіцієнтом опору і узагальненим параметром, суттєво впливає на розрахункові параметри таких труб.

Тетяна КУРБАНОВА

Тетяна ХОМУТЕЦЬКА, докторка технічних наук

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ПЕРСПЕКТИВИ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ЗНЕЗАЛІЗНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД ДЛЯ ЛОКАЛЬНИХ СИСТЕМ ПИТНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Враховуючи виклики сьогодення, пов'язані з необхідністю експлуатації систем питного водопостачання в умовах воєнних дій й суттєвого антропогенного навантаження на довкілля, актуальності набувають децентралізація водопроводів, передбачення в проектах резервних джерел їх живлення, використання локальних систем водозабезпечення споживачів. І для питних потреб підземні води, які краще захищені від потрапляння різного типу забруднень з поверхні землі, є найбільш прийнятним джерелом.

Однак значна частина підземних джерел водопостачання характеризується підвищеним вмістом заліза і вода з них перед подачею споживачам потребує знезалізнення. За відсутності розчиненого кисню, залізо в підземних водах найчастіше зустрічається в іонній формі та комплексних двовалентних сполуках. Підвищеним вмістом заліза (переважно з концентраціями до 5 мг/дм³) характеризується більшість підземних водоносних горизонтів України. На сьогоднішній день розроблено чимало технологій знезалізнення підземних вод з різними конструктивними рішеннями щодо їх реалізації на практиці. Видалення надмірного вмісту заліза з підземних вод можна здійснювати реагентними або безреагентними методами, використовуючи водознезалізнювальні установки різних конструктивних схем та вдаючись до заходів, що підвищують ефективність їх роботи. За сприятливих умов знезалізнення води намагаються виконувати безреагентними методами, що спрощує технологію водопідготовки, зменшує капітальні та експлуатаційні затрати водоочисних станцій при забезпеченні високої ефективності їх роботи. Безреагентні методи знезалізнення води на практиці реалізують, залучаючи в технологію різні процеси і споруди, для чого можуть використовуватись:

- спрощена аерація і фільтрування;
- вакуумно-ежекційна аерація і фільтрування;
- "суха" фільтрація.

Ці методи не потребують введення додаткових, зазвичай дорогих реагентів, які можуть спричинити вторинне забруднення води та погіршити її якість.

Однак безреагентні методи дозволяють достатньо ефективно видаляти залізо у випадках, коли:

- вихідна вода має рН 6,7 або вище і лужність не менше ніж 1,5 мг-екв/дм³;
- перманганатна окислювальність складає не більше 9,5 мгО₂/дм³;
- вміст тривалентного заліза Fe³⁺ становить не більше 10% від загального вмісту заліза Fe_{заг};
- вміст CO₂ ≤ 80 мг/дм³ і H₂S ≤ 2 мг/дм³.

У разі недостатньої ефективності застосування безреагентного знезалізнення вдаються до реагентних методів очищення підземних вод від

заліза. Для цього використовують процеси і споруди, що можуть передбачати в своїх технологічних схемах:

- спрощену аерацію, обробку води сильними окислювачами і фільтрування;
- напірну флотацію з вапнуванням та наступним фільтруванням;
- вапнування, відстоювання в тонкошаровому відстійнику і фільтрування;
- фільтрування через модифіковане завантаження;
- електрокоагуляцію;
- катіонування.

При застосуванні реагентного методу знезалізнення у вихідну воду для перетворення розчиненого заліза в нерозчинну форму вводяться спеціальні реагенти. Потрібного ефекту досягають або за допомогою окиснювачів (озону, хлору чи його сполук), або шляхом штучного підвищення рН води вище 8, уводячи вапняне молоко, соду чи інші коректори рН.

На основі аналізу існуючих технологій видалення заліза з підземних вод та сучасних тенденцій у галузі водоочищення запропоновано для локальних систем водопостачання використання фільтра з автоматичним клапаном керування й технологією, що передбачає безреагентне знезалізнення підземних вод внаслідок окиснення розчиненого заліза киснем повітряної подушки й подальшого затримання утвореного осаду у товщі багатокomпонентного фільтрувального завантаження. Дана технологія характеризується невисокою вартістю і стійкістю до зношуваності природних матеріалів фільтра, простотою його експлуатації, екологічністю, що виключає вторинне забруднення очищеної води реагентами, компактністю і автоматизацією процесів керування, що особливо актуально для невеликих населених пунктів.

Аналіз технологій видалення заліза з підземних вод та досвіду їх застосування на практиці у поєднанні з дослідженнями сучасних тенденцій у галузі водоочистки дали змогу визначити перспективи удосконалення технологічних схем знезалізнення води. Для локальних систем водопостачання запропоновано використання фільтра з автоматичним клапаном керування й технологією безреагентного знезалізнення підземних вод, що здійснюється шляхом окиснення розчиненого заліза киснем затисненої повітряної подушки та затримання утвореного осаду у товщі багатокomпонентного фільтрувального завантаження.

Ігор ПРОКОПЕНКО

Віктор ХОРУЖИЙ, доктор технічних наук

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

Ігор НЕДАШКОВСЬКИЙ, кандидат технічних наук

Одеська державна академія будівництва і архітектури, Україна

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПОБУТОВИХ СТИЧНИХ ВОД ЗА ДОПОМОГОЮ ДІОКСИДУ ХЛОРУ ТА ГІПОХЛОРИТУ НАТРІЮ

Найбільш серйозною проблемою на сьогоднішній день, в умовах війни, залишається охорона джерел централізованого господарсько-питного водопостачання від забруднення, зокрема це стосується поверхневих водойм та

підземних джерел, оскільки потреба населення в достатній кількості якісної і придатної для споживання води завжди залишається життєво необхідною. Забруднення поверхневих водних об'єктів становить загрозу для навколишнього середовища та здоров'я людей. Після неналежного очищення стічних вод на комунальних підприємствах у водних об'єктах поступово накопичуються мінеральні та органічні забруднювачі, що в свою чергу погіршує екологічну обстановку та призводить до спалахів інфекційних захворювань. Причиною періодичних порушень роботи очисних споруд є недосконалість технологічного режиму. Технології та обладнання, на якому виконується очищення стічних вод, від населених пунктів України, збудовані в середині минулого століття, через це не завжди забезпечуються необхідний ступінь її очищення та знезараження. У поверхневі водойми України щорічно скидається більше 2,6 млрд м³ забруднених стічних вод, які в своєму складі мають біля 8 млрд т різних забруднювачів. В результаті чого маємо евтрофікацію водойм та непридатність використання їх для забезпечення потреб водопостачання. Скринінг та моніторинг води в басейні річки Дніпро показав надзвичайно високі концентрації гербіцидів, інсектицидів, фунгіцидів та різного роду фармацевтичних речовин, таких як карбомазепін, лопінавір, диклофенак та ефавіренц. Тому існує нагальна потреба у підвищенні ефективності роботи існуючих споруд біологічного очищення за допомогою заходів, що забезпечують дотримання екологічних вимог до очищення міських стічних вод.

Методи, що використовуються для знезараження стічних вод, умовно поділяються на такі групи:

- хімічні (застосування різних сполук хлору, озону, перекису водню і ін);
- фізичні (термічні, електричні, електромагнітні);
- фізико-хімічні (флотація, коагуляція, електрофільтрування, сорбція);
- знезараження в умовах штучних і природних біоценозів.

В якості знезаражувальних засобів використовуються хлор, або його сполуки: діоксид хлору, гіпохлорит натрію, гіпохлорит кальцію та інші.

До переваг діоксиду хлору в якості дезінфектанту у порівнянні з хлором можна віднести:

- окислювальну здатність діоксиду хлору, яка є вищою ніж у хлора;
- біоцидну дію діоксиду хлору, яка вища ніж у хлору при однакових дозах реагентів і експозиції дезінфекції;
- властивості діоксиду хлору, що не залежать від рН води;
- діоксид хлору при взаємодії з аміаком і амінами не утворює хлораміни та побічні токсичні продукти хлорування (тригалометани);

Найчастіше використовують діоксид хлору для проведення знезараження побутових стічних вод від невеликих населених пунктів, локальних об'єктів, у тому числі транспортних об'єктів та стічних вод, які несуть в собі епідеміологічну небезпеку (наприклад, у інфекційних лікарнях). У деяких же випадках для знезараження більш доцільно застосування солей гіпохлоритної кислоти (гіпохлорит натрію чи кальцію).

Застосування гіпохлоритів для знезараження, у тому числі гіпохлориту натрію, має ряд переваг перед рідким хлором:

- суттєво більша екологічна безпека при транспортуванні та зберіганні гіпохлоритів у порівнянні з рідким хлором;
- постачання і зберігання у ємностях, які не є під надмірним (проти атмосферного) тиском;
- несуттєве виділення хлору з продукту при зберіганні і застосуванні, відсутність загазованості робочої зони, яка становить небезпеку для людей;
- позитивний вплив лугу, який міститься у продукті, на процеси коагуляції та видалення з зважених речовин з води;
- на 15-20% менші обсяги утворення тригалометанів та інших хлорорганічних сполук в порівнянні з рідким хлором;
- висока здатність до окиснення сполук заліза і марганцю, які містяться у воді;

Отже, можемо зробити висновки, що на сьогодні приділяється більш уваги екологічно чистим методам знезараження господарчо-побутових стічних вод, альтернативних хлоруванню. Діоксид хлору та гіпохлорит натрію мають цілий ряд переваг в порівнянні з використанням хлору і все частіше використовуються на станціях очистки стічних вод.

Вадим ОРЕЛ, кандидат технічних наук

Леся ВОВК, кандидатка технічних наук

Володимир ФЕМ'ЯК

Ірина БАЛІНСЬКА

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

ПОТЕНЦІАЛ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ВОДИ З МЕТОЮ ЗБЕРЕЖЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ В МІСЦЯХ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ УКРАЇНИ

Загальний доступ до безпечної питної води є не лише фундаментальною потребою, але й основним правом людини. Системи повторного використання води та збирання дощової води є важливими технічними альтернативами для управління якісним водопостачанням. Є кілька альтернативних джерел води, доступних для повторного використання після певної необхідної обробки: дощова вода з дахів, дощові стоки, «сіра» вода, дренажна вода тощо. Інтеграція повторного використання непитної води покращує екологічні цілі «зелених» будівель за рахунок зниження споживання питної води, а також зменшення обсягу стічних і зливових вод, що їх направляють на очисні споруди для очищення. Метою статті є аналіз двох підходів до часткової заміни водопровідної води (збирання дощової води та повторне використання очищеної «сірої» води), порівняння конструктивних характеристик цих систем водопостачання та розрахунок річного об'єму води з метою визначення потенційної економії в населених пунктах України за кожним із варіантів. Обидва методи пропонують стійкі рішення для подолання дефіциту води, але суттєво відрізняються застосуванням і робочими механізмами. Для порівняльного аналізу двох вказаних альтернативних джерел води наведено конструктивні особливості водопостачання в контексті збирання і використання дощової води та «сірої» води. Обсяг «сірої» води, що утворюється в малоповерхових житлових кварталах, і дощової води, яку можна зібрати з дахів

будівель, розраховували за нормативними документами України. Результат показує, що при щільності забудови 0,4 об'єм «сірої» води в 1,45 рази перевищує об'єм дощової води; при густині 0,54 він в 1,49 раза більший за максимальну річну кількість опадів в Україні, що становить 750 мм. За допомогою комплексних систем циркуляції води можна зменшити потребу в прісній воді приблизно на 30% за рахунок повторного використання «сірої» води та приблизно на 10% за рахунок збирання дощової води. Ця економія забезпечує як економічні, так і екологічні вигоди, що робить циркуляцію води особливо вигідною для регіонів з дефіцитом води, які прагнуть пом'якшити наслідки зміни клімату.

Тарас СИДОР

Вадим ОРЕЛ, кандидат технічних наук

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

ВПЛИВ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗВУЖЕННЯ ТРУБИ НА ВТРАТИ НАПОРУ В НАПІРНОМУ КОРОТКОМУ ТРУБОПРОВОДІ

Трубопроводи зі звуженнями застосовують у водопостачанні, водовідведенні, вентиляції, енергетиці тощо.

Літературний огляд показав, що за перепаду напору $H = \text{const}$ на кінцях напірного трубопроводу з ділянкою зміни площі поперечного перерізу для рідини незмінних властивостей досягають значної зміни її витрати.

Загалом, для напірної гідравлічної системи розімкненого типу за витрати робочої рідини $Q = \text{const}$ регульовальна характеристика напору за заходів, необхідних для змінювання втрат енергії в трубопроводі напірної гідравлічної системи, та без них залежить від гідравлічного опору рідини регульованого та нерегульованого відділів трубопроводу.

Розглядали короткий трубопровід, в якому рухається вода без змін властивостей, за відсутності впливу на його нерегульований відділ. Регульований відділ являв собою ділянку звуження труби. При цьому зменшення площі поперечного перерізу може бути у вигляді плавного (конфузор) і різкого звуження.

Функція регулювання містить співвідношення коефіцієнтів втрат напору для цих місцевих гідравлічних опорів. До того ж, перший з них розглядали з використанням заходів, необхідних для змінювання втрат енергії в трубопроводі напірної гідравлічної системи, а другий без них. Формула для обчислення коефіцієнта втрат напору за своєю структурою відображає лише зміну геометрії труби. Причому для першого випадку коригувальний множник є змінним і залежить від кута конусності конфузора та довжини конфузурної ділянки. Це потребує певних габаритних розмірів розташування першого місцевого гідравлічного опору порівняно з другим. Проте, коефіцієнт втрат напору для першого випадку є завжди меншим ніж для другого.

Від'ємні значення функції регулювання вказують на зменшення втрат напору на звуженні трубопроводу при використанні вищезазначених заходів, додатні – на збільшення втрат напору.

Показано, що зміна геометричних параметрів ділянки звуження напірного трубопроводу напірної гідравлічної системи впливає на втрати напору як у трубопроводі, так загалом і в усій системі.

Любов КІКА

Лариса САБЛІЙ, докторка технічних наук

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД З ВИКОРИСТАННЯМ РЯСКОВИХ НА СТУПІНЬ ВИДАЛЕННЯ АНТИБІОТИКА

Забруднення довкілля лікарськими засобами, особливо антибіотиками, призводить до їх накопичення у природних водоймах та поширення генів стійкості, що ускладнює лікування інфекційних захворювань. Хлорамфенікол є антибіотиком, що застосовують для лікування бактеріальних інфекцій у людей і тварин. Однак, через його високу токсичність і значні побічні ефекти, у багатьох країнах використання хлорамфеніколу у ветеринарії або суворо контролюється, або заборонено. Незважаючи на такі обмеження, залишки хлорамфеніколу все ж виявляють у стічних водах у концентраціях близько 2 мкг/дм³, що пов'язано зі скидами від медичних і ветеринарних закладів. Потрапляючи у природні водойми, цей антибіотик може сприяти розвитку антибіотикостійкості у патогенних мікроорганізмів, що створює загрозу для здоров'я людини та екологічні проблеми. Одним із перспективних напрямів знешкодження стічних вод є біологічне очищення з використанням водних рослин, зокрема *Lemna minor*. Ця рослина має здатність поглинати, трансформувати та накопичувати токсини завдяки фотосинтезу, швидкому росту та активному метаболізму, що дозволяє знижувати концентрацію забруднювальних речовин у воді.

Метою роботи є визначення ефективності видалення хлорамфеніколу зі стічних вод з використанням *Lemna minor* залежно від таких параметрів технологічного процесу: початкової концентрації антибіотика, тривалості процесу очищення та питомої біомаси рослин.

Дослідження проводили в лабораторних умовах з використанням імітатів стічних вод, що готували на відстояній водопровідній воді з початковою концентрацією хлорамфеніколу 2, 5, 10 і 20 мг/дм³. Ефективність очищення стічних вод від антибіотика визначали за питомої біомаси *Lemna minor* 36 та 50 г/дм³. Тривалість процесу приймали – 1-72 год., відбирали проби очищеної води та визначали в них вміст антибіотика за допомогою рідинної хроматографії.

Проведені дослідження показали, що ступінь видалення хлорамфеніколу залежить від питомої біомаси рослин та тривалості процесу. Найбільше зниження вмісту антибіотика спостерігали на початку очищення протягом 24-48 год., далі ефективність його видалення знижувалася і через 72 год. практично не змінювалася.

Для концентрацій 2 і 5 мг/дм³ за питомої біомаси *L. minor* 36 г/дм³ ефективність очищення за 72 год. досягала 23,2% та 26,8%, відповідно. При збільшенні біомаси до 50 г/дм³ ефективність становила 17% та 19%, відповідно.

Ефективність видалення хлорамфеніколу за концентрації 10 мг/дм³ досягала 33%, коли питома біомаса *L. minor* становила 36 г/дм³, а за концентрації 20 мг/дм³ – 29,5%. Для питомої біомаси 50 г/дм³ цей показник становив 23,6% за вмісту антибіотика 10 мг/дм³ та 21% – за вмісту 20 мг/дм³.

Встановлено, що оптимальними параметрами для видалення хлорамфеніколу є тривалість очищення 48 год. та питома біомаса *L. minor* 36 г/дм³, що забезпечують ефективність очищення 29,4% за початкової концентрації хлорамфеніколу 10 мг/дм³. Подальше збільшення тривалості несуттєво впливає на підвищення ефективності очищення. Збільшення біомаси ряски призводить до зниження ефективності адсорбції антибіотика через вірогідно недостатній контакт коренів верхніх шарів із розчином та пригнічення фотосинтезу в нижніх шарах рослини.

Застосування водних рослин в інженерних спорудах очисних станцій може забезпечити зниження їх концентрації у природніх водоймах. Зокрема, технологія біологічного очищення з використанням *Lemna minor* може бути впроваджена на стадії доочищення стічних вод після, наприклад, біологічного очищення в аеротенках, що дозволяє покращити якість очищеної води і зменшити вплив антибіотиків на довкілля.

Лариса САБЛІЙ, докторка технічних наук

Вероніка ЖУКОВА, кандидатка технічних наук

Андрій ГРИНЕВИЧ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ОЦІНКА СКЛАДУ МІКРООРГАНІЗМІВ, ІММОБІЛІЗОВАНИХ НА НОСІЯХ РІЗНИХ ВИДІВ

Біологічне очищення стічних вод є невід'ємною частиною сучасних систем водопостачання та водовідведення. Актуальним завданням експлуатації очисних споруд є швидке визначення стану активного мулу чи біоплівки, тому складні та довготривалі методи не можуть бути застосовані. До морфологічних методів оцінки стану активного мулу відноситься поширений в технологічному контролі роботи очисних споруд гідробіологічний аналіз, у якому для оцінки стану мулу в якості тест-об'єктів використовують індикаторні найпростіші організми.

Метою роботи є встановлення складу мікроорганізмів біоплівки, іммобілізованої на носіях різних видів, з використанням гідробіологічного аналізу.

Дослідження було проведено на кафедрі біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології КПІ ім. Ігоря Сікорського.

Гідробіологічний аналіз біомаси за індикаторними мікроорганізмами та аналіз активного мулу проводили за допомогою біологічного мікроскопа дослідницького класу ULAB XSP-139TP з фото-відеовиходом. Нарощування біомаси на носіях різних видів проводили з використанням мікроорганізмів

активного мулу із забезпеченням їх повітрям (система аерації) і біогенними речовинами (модельний розчин). Було проведено дослідження характеристик біоплівки на пластикових елементах – носіях для прикріплення біоплівки чотирьох різних форм та розмірів: сферичної діаметром 47,09 мм; дискової – 125,93 мм; колісної діаметрами 9,95 мм і 9,34 мм за однакових умов. Всі досліджені носії відносять до типу дисперсних, які розподіляються по всьому об'єму аеротенка, вони різні за розмірами, структурою, площею поверхні та матеріалом, з якого виготовлені.

У комплексі з експериментальними дослідженнями проводили виявлення індикаторних мікроорганізмів біологічної плівки з використанням оптичної мікроскопії, що забезпечувало можливість вивчення складу та структури мікробіологічних спільнот. Отримано ряд результатів, які характеризують особливість біоценозу біоплівки, іммобілізованої на носіях різних видів.

Оцінку складу мікроорганізмів іммобілізованої біомаси на різних носіях здійснювали за показником чисельності гідробіонтів з використанням умовної чотирибальної шкали.

Гідробіологічний аналіз біоплівки дозволяє швидко визначити ступінь очищення стічних вод. Наприклад зі збільшенням ступеня забрудненості стічних вод видовий його склад, як правило, зменшується. Тому зміна видового складу є показником зміни якості показників стічних вод.

Одиничні форми саркодових свідчать про окиснення більшості органічних речовин, тобто зниження БСК. Достатня наявність коловерток та малоцетинкових червів у біореакторах вказує на високу мінералізацію біомаси та утворення трофічного ланцюга вищого рівня, забезпечує покращення процесу очищення води, адже ці організми видають детрит, бактерій, які можуть виноситись із очисної споруди разом з очищеною водою; зменшення приросту біомаси мікроорганізмів, внаслідок чого знижуються витрати на обробку та утилізацію осадів; мінералізацію біомаси, що покращує седиментаційні властивості осадів.

Оцінювання якості води за видовим складом організмів біоплівки на всіх чотирьох носіях показує, що біоплівка носія колісної форми Ø 9,95 мм найбільш придатні для ефективного для очищення стічних вод серед досліджуваних носіїв.

Олена ДУПЛЯК, кандидатка технічних наук

Віталій СТЕЦЕНКО

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ КАТАЛІТИЧНИХ ФІЛЬТРУЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИДАЛЕННЯ ЗАЛІЗА ТА МАРГАНЦЮ

Основною задачею підготовки води при децентралізованому водопостачанні є очищення води заліза та марганцю. Очистка води від заліза та марганцю на напірних фільтрах за каталітичним завантаженням – це сучасна тенденція локальної підготовки води. Каталітичні завантаження застосовуються вже досить давно, проте більшість виробників не надає чітких і практичних рекомендацій щодо їх використання. Застосування таких матеріалів зазвичай значною мірою залежить від багатьох чинників і базується на досвіді та

кваліфікації спеціаліста. Основними складовими успішного вибору та налаштування правильної технологічної схеми очищення води є аналіз технічних параметрів фільтрувальних матеріалів і параметрів якості вихідної води, обраної дози реагентів. Аналіз технічних та фізико-хімічних параметрів каталітичних матеріалів Birm®, Greensand Plus®, Filter Ox®, Katalox Light®, DMI-65®, які надають виробники матеріалів показав, що це природні матеріали, які на своїй поверхні або в пористій структурі гранул містять каталізатор окиснення, здебільшого діоксид марганцю. Інтенсивність роботи каталітичних матеріалів залежить від численних факторів, таких як рН середовища, окисно-відновного потенціалу, концентрації іонів заліза і марганцю, рівню розчиненого кисню та присутність інших домішок. Серед найбільш цікавих матеріалів варто відзначити Greensand Plus®, Filter Ox®, Katalox Light®, перевагами яких є зрозумілі ємності фільтруючих матеріалів по різним типам забруднювачів, широкий діапазон рН, можливість використання окиснювачів, тривалий термін експлуатації. Моніторинг п'яти локацій, на яких були встановлені фільтри з каталітичними матеріалами, при пуско-налагоджувальних роботах показав, що видалення заліза відбувається з ефективністю 85-95% та на деяких локаціях не потрапляло в нормативні вимоги, а зниження марганцю відбувалось менш ніж 50%. Розрахунок індексу стабільності води (LSI) за допомогою програмного забезпечення Wave показав, що на всіх об'єктах він від'ємний. Скоригувавши рН вихідної води до рівня 7,7-7,8 вдалося досягти зміни індексу LSI на додатний та досягти стабільних результатів з видалення заліза та марганцю на всіх локаціях.

Отже каталітичні матеріали показали себе доволі ефективно навіть при необхідності видалення марганцю при індексі стабільності води в межах 0,2 – 0,4 та при рН вище 7,8.

Юрій КОПАНИЦЯ, кандидат технічних наук

Олена ГИЖА, кандидатка технічних наук

Євген ПАВЛОВ, кандидат технічних наук

Олександр КУШКА, кандидат технічних наук

Олександра ГОЛОБОРОДЬКО

Андрій ГАВРИЛЮК

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ЧИСЕЛЬНИЙ ОНЛАЙН ЕКСПЕРИМЕНТ У РОЗРАХУНКУ КАНАЛІВ ГІДРАВЛІЧНО НАЙВИГІДНІШОГО ПРОФІЛЮ ТРАПЕЦЕІДАЛЬНОЇ ФОРМИ

Визначення глибини рівномірного руху є складовою частиною багатьох гідравлічних розрахунків відкритих русел і різноманітних гідротехнічних споруд. Її необхідно знати при побудові кривих вільної поверхні, дослідженні форм спряження б'єфів. При проектуванні нових каналів враховуються наступні параметри: коефіцієнт закладання укосів, витрата, коефіцієнт шорсткості дна і стінок русла, похил дна русла.

Серед ряду можливих варіантів є такий, для якого середня швидкість буде максимальною, і, відповідно, площа перерізу буде мінімальною. Поперечний переріз, що задовольняє цим умовам, є гідравлічно найвигіднішим. Задача

полягає у визначенні відповідних ширини і глибини каналу, яку можна розв'язувати як аналітично, так і за допомогою чисельного моделювання в системах комп'ютерної алгебри.

Програма онлайн розрахунку включає клієнтську й серверну частини, які реалізовано за CGI технологією на мові PERL. Статична сторінка включає:

- блок загальної постановки задачі;
- умову навчального прикладу;
- алгоритм й формули ітераційного розрахунку;
- довідкову технічну інформацію;
- графічну візуалізацію результатів типового розрахунку;
- веб-форму вихідних даних із стартовим типовим набором величин.

Довідкова інформація представлена у форматі довідкової картки (далі QRC – quick reference card), яка розкривається при натисканні на іконку. Програмно реалізовано парадигму - вся інформація у компактному форматі в одному вікні. Використано технологію так звані «жалюзі» - у такий спосіб враховуються обмежені можливості екрану мобільних пристроїв.

Довідкові карти (QRC) надають доступ до:

- коефіцієнтів шорсткості обраного русла з штучним кріпленням;
- максимальні допустимі (нерозмиваючі) середні в перерізі швидкості в залежності від виду ґрунтів, (без) кріплення русел та глибини потоку.

Графічне вирішення поставленої задачі із прикладом графіків генеруються програмним кодом серверної частини програми за вихідними даними онлайн форми вводу даних.

Мета розробки інтерактивної серверної онлайн технології розрахунку навчальної задачі – впровадження у навчальний процес елементів комп'ютерного розрахунку (чисельного моделювання) в системах комп'ютерної алгебри. Роботу виконано на прикладі використання відкритого програмного продукту - CAS MAXIMA. Вирішується задача опанування елементами чисельного розрахунку (моделювання) інженерної задачі в сучасних системах комп'ютерної математики, які розповсюджуються під відкритою ліцензією GPL і яку можна рекомендувати та впроваджувати у навчальний процес.

Серверна програма генерує результати окремих покрокових ітераційних розрахунків у табличному форматі. Ми маємо можливість моделювати необмежену кількість відповідей для довільного набору вихідних даних. Відповідні розрахункові формули представлено у боковому інформаційному блоці паралельно із результатами ітераційних розрахунків. Саме так ми маємо всю необхідну інформацію й можливість проводити отладку програмного коду в середовищі CAS MAXIMA, порівнювати тестову онлайн відповідь та власні розрахунки в програмі CAS MAXIMA.

Система комп'ютерної математики дозволяє розширити методи інженерних розрахунків задачі за допомогою графічної системи програми. Серверною частиною програми на основі ітераційних розрахунків генерується візуалізація графічного вирішення задачі. Відповідні координати – результати ітераційних розрахунків, які представлено у табличному форматі , доповнюють графіку.

Програма онлайн розрахунку каналів гідравлічно найвигіднішого профілю трапецеїдальної форми, яку реалізовано за клієнт-серверною технологією, дає можливість генерувати необмежену кількість різноманітних задач.

Інтерактивна частина веб форми вводу даних та необмежена кількість миттєвих розрахунків впроваджує елементи моделювання та розрахункового експерименту із різними параметрами трапецеїдального русла: похил, шорсткість, матеріал укріплення русла тощо.

Одна задача може бути вирішена: аналітично, графічно або ітераційними чисельними методами. Перевірка отриманого рішення, окремого ітераційного розрахунку, графічне відображення залежностей відбувається шляхом використання веб форми клієнт-серверної програми та генерації динамічної сторінки із багатоваріантними форматами виводу результатів чисельного експерименту.

Олександр КРАВЧЕНКО, доктор технічних наук

Олег БАКУНОВСЬКИЙ

Тетяна КУБА

Нестан ТАВАРТКІЛАДЗЕ

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

МОДЕРНІЗАЦІЯ ДЕСНЯНСЬКОЇ ВОДОПРОВІДНОЇ СТАНЦІЇ: ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ТА ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ ПІЛОТНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Забезпечення населення якісною питною водою є одним з фундаментальних аспектів суспільного благополуччя та сталого розвитку. В Україні, що зіткнулася з викликами воєнного часу та необхідністю модернізації критичної інфраструктури, це завдання набуває особливої актуальності. Деснянська водопровідна станція (ДВС), яка постачає питну воду значній частині Києва, потребує комплексного оновлення. Це пов'язано з погіршенням якості води у джерелі водопостачання, застарілими технологіями очищення та використанням потенційно небезпечних реагентів.

Протягом останніх десятиліть спостерігається стійка тенденція до погіршення якості води у річці Десна, яка є основним джерелом водопостачання для ДВС. Антропогенне навантаження, зумовлене розвитком промисловості та інтенсифікацією сільського господарства, призводить до збільшення концентрації органічних речовин, сполук важких металів та мікробіологічних забруднювачів у річковій воді.

Ситуацію ускладнюють сезонні коливання якості води, пов'язані з процесами "цвітіння" та відмирання фітопланктону, а також зимовим льодоставом, що сприяє десорбції забруднень з донних відкладів.

Існуючі технології водопідготовки на ДВС, що були впроваджені ще в середині минулого століття, не спроможні забезпечити належний рівень очищення води у сучасних умовах. Використання хлору та аміаку для знезараження, хоч і є ефективним засобом боротьби з патогенною мікрофлорою, призводить до утворення небезпечних побічних продуктів, зокрема тригалогенметанів (ТГМ), що

мають канцерогенний та мутагенний вплив на організм людини. Крім того, зберігання значних обсягів хлору та аміаку на території станції створює серйозні техногенні ризики.

Модернізація ДВС дозволить впровадити сучасні технології очищення води, які забезпечать видалення широкого спектру забруднень, підвищити ефективність використання води та енергії, що сприятиме зниженню експлуатаційних витрат та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище, а також збільшити потужність станції для забезпечення якісною питною водою зростаючого населення міста.

Пілотні дослідження є важливим інструментом для оптимізації та вибору ефективних технологічних рішень перед їх масштабним впровадженням. Вони дозволяють змодельовати та порівняти ефективність різних технологічних схем безпосередньо на реальній воді з джерела водопостачання, що забезпечує адекватність отриманих результатів. Під час пілотних досліджень визначаються оптимальні параметри роботи очисних споруд для кожної технологічної схеми, що дозволить досягти максимальної ефективності очищення та знезараження води при мінімальних витратах реагентів та енергії.

На основі аналізу якості води у річці Десна та існуючих технологій водопідготовки на ДВС було запропоновано чотири альтернативні технологічні схеми.

Для моделювання та порівняння ефективності запропонованих технологічних схем було розроблено пілотну установку, яка враховує специфіку ДВС та вимоги до проведення досліджень.

Основні технічні рішення пілотної установки включають можливість паралельної роботи напірної та безнапірної ліній очищення, застосування комутаційної панелі для гнучкого підключення елементів, використання типових та нестандартних конструкцій, а також впровадження системи автоматичного управління та контролю.

Технічне завдання на проведення досліджень включає відпрацювання технологічних схем протягом усіх сезонів року, лабораторний контроль якості води на всіх етапах очищення та знезараження.

На основі отриманих результатів роботи буде рекомендовано конкретні заходи модернізації, такі як впровадження нових технологічних процесів, оновлення інфраструктури та підвищення рівня автоматизації, що забезпечать підвищення якості води, зменшення витрат енергії та забезпечення стабільності водопостачання

Модернізація Деснянської водопровідної станції є складним та багатогранним завданням, що вимагає комплексного підходу та врахування численних факторів.

Пілотні дослідження на спеціально розробленій установці дозволять вибрати оптимальну технологічну схему водопідготовки, яка забезпечить високу якість питної води, мінімізує техногенні та екологічні ризики, а також буде економічно доцільною в довгостроковій перспективі.

Це сприятиме підвищенню рівня життя населення, забезпеченню сталого розвитку міста та зміцненню національної безпеки України.

Тетяна АРГАТЕНКО, кандидатка технічних наук

Олександра ПЕСТИЄНКО

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Водопостачання є ключовим компонентом для підтримки життя людини та розвитку інфраструктури населених пунктів. Водна безпека є складною та багатогранною проблемою через постійне зростання населення, зміни землекористування, міграцію до міст, повені, посухи та інші гідрологічні наслідки, пов'язані зі зміною клімату, які впливають на наявність води, її якість та кількість. В умовах надзвичайних ситуацій, таких як стихійні лиха, техногенні катастрофи або воєнні дії, системи водопостачання стикаються з серйозними викликами. Надійне постачання води є критичним для забезпечення гігієни, харчування та медичного обслуговування в кризових умовах.

Централізоване водопостачання забезпечує надійну подачу води жителям міст, проте такі системи у великих містах є вразливими до зовнішніх факторів під час воєнних дій та надзвичайних ситуацій. Основні ризики полягають у руйнуванні або пошкодженні ключових об'єктів інфраструктури: водозабірних споруд, насосних станцій, очисних споруд та трубопроводів.

Децентралізована водна інфраструктура є альтернативою традиційним централізованим системам для впровадження стійкої водної інфраструктури в міських умовах. Така система водопостачання являє собою групу водопровідних підсистем з певним ступенем автономності від усієї системи. Децентралізована система дозволяє краще керувати тиском у мережі, що сприяє зменшенню витоків, полегшує виявлення, локалізацію та контроль аномалій у постачанні, визначаючи сфери, в яких капітальні інвестиції будуть найкраще використані, захищає мережу від можливих атак через випадкове або зловмисне забруднення.

Перетворення централізованих систем водопостачання на децентралізовані є одним із дієвих методів підвищення надійності водозабезпечення особливо в умовах надзвичайних ситуацій, зокрема і воєнних дій. Перевагами децентралізованих систем є зниження вартості інфраструктури для транспортування на великі відстані та очищення дощової, питної води та стічних вод, а також обов'язкове очищення до питних стандартів води, яка використовується для цілей, відмінних від пиття та купання; більш ефективного використання ресурсу; підвищення безпеки обслуговування; зниження ризику виходу з ладу систем водопостачання; зміцнення місцевої економіки; відновлення та захист природного середовища; зміцнення добробуту громади.

Результатом зростаючих інвестицій в децентралізовані інфраструктурні рішення при збереженні централізованих схем є процес гібридизації, де співіснують централізовані та децентралізовані системи. Інфраструктура водопостачання має бути більш гнучкою та адаптованою, щоб бути стійкою. Комбіновані системи поєднують риси централізованого та децентралізованого водопостачання. Вони можуть забезпечувати централізоване постачання води у

густонаселених районах і використовувати децентралізовані рішення для віддалених районів. Такі системи зменшують споживання ресурсів через менші вимоги до транспортування та потребу обробляти всю воду за однаковими високими стандартами. Інтегрований децентралізований-централізований підхід може запропонувати гнучкі рішення скрізь, де перевищуються певні порогові значення щільності населення. Крім того, різні комбінації централізованих і децентралізованих систем можуть мати позитивні результати з точки зору сталого водопостачання.

В той час, як централізовані системи є економічно ефективними та надійними, децентралізовані системи базуються на принципі екологічної стійкості та можуть керувати водним циклом, захищаючи природне середовище, вони є більш гнучкими. Комбіновані системи водопостачання поєднують в собі переваги як централізованих, так і децентралізованих систем.

Світлана ПОТАПЕНКО

Олександр КРАВЧЕНКО, доктор технічних наук

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПИТНОЇ ВОДИ ДЛЯ ВСІХ В УКРАЇНІ

Питне водопостачання та водовідведення є основною складовою соціального і економічного розвитку країни. Забезпечення доступу населення до питної води, стале водопостачання та водовідведення сприяють побудові комфортних умов життєзабезпечення, здоров'ю населення, розвитку соціальних сфер та економіки. Ефективне управління в сфері питного водопостачання та водовідведення є ключовим чинником для успішних соціальних реформ. Крім того, одними із основних Цілей сталого розвитку України на період до 2030 року є:

- забезпечення доступності та сталого управління водними ресурсами та санітарією;
- забезпечення доступу до недорогих, надійних, стійких і сучасних джерел енергії для всіх;
- створення стійкої інфраструктури;
- забезпечення відкритості, безпеки, життєстійкості й екологічної стійкості міст, інших населених пунктів;
- забезпечення переходу до раціональних моделей споживання і виробництва тощо.

Найбільш ефективними методами послідовного забезпечення безпеки питного водопостачання за даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (далі - ВООЗ) вважається формування та використання планів безпечного водопостачання (далі - ПБВ). Підхід, заснований на ПБВ, є відповіддю ВООЗ на заклик, що міститься в Цілі в галузі сталого розвитку (ЦУР) 6, забезпечити безпеку питної води для всіх.

У країнах Європейського Союзу (далі - ЄС) у системах питного водопостачання для забезпечення споживачів безпечною питною водою застосовується підхід, заснований на ПБВ, який включається до національного

законодавства з питної води. Крім того, вимогами Протоколу з проблем води та здоров'я рекомендується використання підходу ПБВ.

Одними із основних частин ефективного планування ПБВ є комплексна оцінка та підходи до управління ризиками, які здійснюються від забору води до її подачі населенню. ПБВ є способом управління повсякденною роботою системи і забезпечує підтримку надійності та безпеки системи питного водопостачання.

Принципи, що лежать в основі ПБВ, можна адаптувати до всіх типів та розмірів систем питного водопостачання.

Слід зазначити, що Україна як член Енергетичного Співтовариства зобов'язана імплементувати у національне законодавство вимоги базових Директив Європейського Парламенту і Ради 91/271/ЄЕС від 21 травня 1991 року про очищення міських стічних вод та 2020/2184 від 16 грудня 2020 року про якість води, призначеної для споживання людиною, привести чинне законодавство та забезпечити досягнення показників в Україні згідно з Протоколом про воду та здоров'я до Конвенції про охорону та використання транскордонних водотоків та міжнародних озер 1992 року, ратифікованого Законом України від 09 липня 2003 року №1066-IV.

Вищезазначене обумовило розроблення на державному рівні проєктів Порядків розроблення схем оптимізації систем централізованих водопостачання та водовідведення.

В основу зазначених Порядків закладено принципи ПБВ, імплементовано базові директиви, враховано вимоги Протоколу з проблем води та здоров'я.

Так, розробка схем оптимізації систем централізованих водопостачання та водовідведення, враховуючи ПБВ включає такі етапи:

- 1) проведення нарад з питання розроблення схеми оптимізації за участю представників всіх зацікавлених сторін;
- 2) збір вихідних даних для визначення основних показників схеми оптимізації;
- 3) аналіз поточного стану систем централізованого водопостачання, виявлення їх ключових проблем;
- 4) визначення стратегічних цілей розвитку систем централізованого водопостачання;
- 5) проведення гідравлічних розрахунків поточного стану систем централізованого водопостачання;
- 6) визначення шляхів забезпечення стійкості систем централізованого водопостачання під час надзвичайних ситуацій та у воєнний час;
- 7) здійснення розрахунків для визначення індикаторних показників розвитку систем централізованого водопостачання;
- 8) розроблення та порівняння сценаріїв розвитку систем централізованого та нецентралізованого водопостачання або їх елементів на основі значень індикаторних показників, гідравлічного і просторового аналізу та мінімізації ризиків питного водопостачання;
- 9) розроблення та формування переліку заходів з розвитку систем централізованого водопостачання з їх наступною пріоритизацією;
- 10) проведення оцінки вартості заходів та формування порядку їх реалізації;

- 11) визначення джерел фінансування заходів та розробка фінансової моделі схем оптимізації;
- 12) аналіз, оцінка та управління ризиками питного водопостачання;
- 13) розроблення додаткових розділів та документів для отримання фінансування міжнародних донорів;
- 14) проведення нарад з метою обговорення проміжних результатів розроблення схеми оптимізації;
- 15) підготовка текстової і графічної частин схеми оптимізації;
- 16) попереднє обговорення схеми оптимізації за участю представників всіх зацікавлених сторін;
- 17) коригування схеми оптимізації за результатами попередніх обговорень;
- 18) підготовка та презентація кінцевого варіанту схеми оптимізації;
- 19) реалізація і моніторинг схеми оптимізації.

Тобто, треба розуміти, що схема оптимізації - це документ, який враховує ПБВ, і включає інші частини, такі як: водовідведення, фінмодель тощо.

Фінансування розробки схем оптимізації заплановано заходами Державної цільової економічної програми енергетичної модернізації підприємств водопостачання та водовідведення, що перебувають у державній або комунальній власності, на період до 2030 року, яка затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 листопада 2024 р. № 1133-р.

Розроблені схеми оптимізації дають можливість отримати фінансування міжнародних донорів на реалізацію запланованих заходів.

Опалення, вентиляція та кондиціонування. Інженерія. Технології

Вадим КОРБУТ, доктор технічних наук

Тетяна ТКАЧЕНКО, докторка технічних наук

Віктор МІЛЕЙКОВСЬКИЙ, доктор технічних наук

Володимир ВАХУЛА

Юрій ЦЮРЮПА

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ПОВІТРООБМІНУ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ БІОБЕЗПЕЧНОГО ТА КОМФОРТНОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИМІЩЕНЬ З МАСОВИМ ПЕРЕБУВАННЯМ ЛЮДЕЙ

Проблема біобезпеки та комфорту масового перебування людей лишається актуальною. Повітряно-крапельне розповсюдження інфекцій і погіршення імунітету через дискомфорт є шкідливими факторами з тимчасовою втратою працездатності, що лягає тягарем на роботодавця (перевантаження інших працівників, недовиконання зобов'язань) та економіку країни (виплати за непрацездатністю, стаціонарне лікування). Для людей з серцево-судинними й онкологічними захворюваннями ці фактори є небезпечними через порушення серцевої діяльності, гостре порушення мозкового кровообігу тощо.

На сьогодні у кондиціонуванні повітря конкурують два методи — змішувальна вентиляція, тобто подавання повітря зі значним перепадом

температури та швидкістю до верхньої зони струминами, які підмішують відпрацьоване повітря та повертають його до робочої зони (коефіцієнт повітрообміну 1...1,5), а також витісняюча вентиляція — подавання повітря до робочої зони з малими перепадом температури та швидкістю з утворенням значного температурного розшарування за висотою (коефіцієнт повітрообміну 2...2,5 і до 3,5 при значній висоті та теплонадлишках) та мінімальним поверненням відпрацьованого повітря до робочої зони. Останнє дозволяє зменшити розповсюдження аерозолів приміщенням. Підвищення коефіцієнта повітрообміну та збільшення перепаду температури призводить до зниження значення повітрообміну та витрат енергії на оброблення припливного повітря. Зміна цих параметрів в обох методах протилежна. Вибір методу є неоднозначним.

Для спрощення створено симулятор в системі SciLab, який побудував усі можливі прямолінійні процеси в межах вологовмісту від 0 до 20 г/кг та температури від 0 до 50 °С на сітці початкових і кінцевих точок з кроком 0,2 г/кг і не більше 0,1 °С. Результати показали, що коефіцієнти повітрообміну за температурою та ентальпією чи вологовмістом взаємозамінні з відхиленням до 3,7 %.

Отримані результати дозволили виконати порівняння витрати холоду та теплоти на другий підігрів у системах кондиціонування повітря залів з масовим перебуванням людей. При змішувальній вентиляції коефіцієнт повітрообміну прийнято 1,05...1,15, а при витісняючій вентиляції — 2...2,5. Симулятор автоматично обирає прямоточний систему кондиціонування повітря або систему з першою рециркуляцією.

Прораховано десятки варіантів, які показали можливість в окремих випадках зменшення при змішувальній вентиляції повітрообміну, «холоду» та теплоти на другий підігрів. Отже, забезпечення підвищеної біобезпеки та комфорту витісняючою вентиляцією може бути більш енергозатратним. Потрібно шукати інші більш ефективні шляхи.

В окремих музеях (зокрема, Лувр) перепаду температури та швидкості при витісняючій вентиляції завищують. Рекомендувати такі рішення не можна через дискомфорт. Пропонується поєднати змішувальну вентиляцію з природним сануванням фітонцидними рослинами: *Citrus limon*, *Chlorophytum comosum*, *Ficus benjamina* Wiandi, *Sansevieria*, *Ficus benjamina*, *Dracaena fragrans*, *Azalea*, *Yucca elephantipes*, *Zamioculcas zamiifolia*, *Fuchsia*, *Hibiscus rosa-sinensis*, *Spathiphyllum*, *Dracaena Marginata* Lam., *Amaryllis*, *Monstera deliciosa*, *Philodendron hastatum*, *Philodendron* тощо.

Для приміщень з масовим перебуванням людей не рекомендуються транзитні та транзитно-тупикові схеми організації повітрообміну, при яких подавання повітря здійснюється з одного боку приміщення, а видалення з іншого боку або з обох боків, відповідно. При цьому утворюються спрямовані потоки повітря в робочій зоні. Якщо швидкість потоку нормативна (0,2...0,3 м/с), за 10 с аерозоль розповсюдиться на 2...3 м при рекомендованій дистанції між людьми 1,5 м. Тому для підвищення біобезпеки необхідно подавати повітря рівномірно в плані.

Максим МИКИТЕНКО

Олександр ЛЮБАРЕЦЬ, кандидат технічних наук

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ОСНОВНИХ ФАКТОРІВ НА ПРОЦЕС ПИЛОВЛОВЛЕННЯ В ПИЛОВЛОВЛЮВАЧАХ З ДИСКОВИМИ РОЗПИЛЮВАЧАМИ

Аналізується вплив основних факторів на процес пиловловлення в пиловловлювачах з дисковими розпилювачами. Розглянуто такі аспекти, як змочуваність частинок, розмір крапель та концентрація механічних домішок, які відіграють важливу роль у підвищенні ефективності роботи мокрих пиловловлювачів.

При взаємодії запилених газів із факелом розпиленої рідини спостерігається зниження температури газів. Це можна пояснити тим, що під час контакту дрібнодисперсного факела рідини з гарячими газами відбувається процес випаровування крапель. Джерелом енергії для випаровування є надлишкове тепло запилених газів, які, будучи ненасиченими, передають частину тепла краплям рідини. У результаті цього випаровування діаметр крапель поступово зменшується, що є важливим фактором для подальшої конденсації та очищення газового потоку.

Як тільки температура парогазового середовища знижується нижче 100 °С, відбувається конденсація пари. Пара конденсується на ядрах конденсації, якими можуть бути як дрібні краплі води, так і тверді частинки пилу, що присутні в газо-повітряному потоці. Цей процес конденсації сприяє зменшенню кількості забруднень у газах, що значно підвищує ефективність системи очищення.

Ступінь очищення газо-повітряного потоку в мокрих пиловловлювачах безпосередньо залежить від змочуваності частинок. Якщо частинки добре змочуються (є гідрофільними), вони, потрапивши на поверхню крапель або водяної плівки, повністю занурюються в неї. Це запобігає можливості того, що газовий потік здує ці частинки назад у повітря. Таким чином, гідрофільні частинки успішно вилучаються з газового потоку.

З іншого боку, погано змочувані (гідрофобні) частинки не мають здатності занурюватися у краплі рідини. Вони залишаються на поверхні крапель або водяної плівки, утворюючи на ній своєрідний шар. Коли нові частинки наближаються до цього шару, вони відштовхуються і повертаються в газовий потік, виносячись ним в атмосферу. Це є основною проблемою при очищенні газів від гідрофобних частинок.

Постійне надходження твердих частинок у оборотну воду призводить до накопичення цих частинок у значних кількостях. Проте, парадоксально, це сприяє покращенню процесу уловлювання гідрофобних частинок. За концентрації механічних домішок у воді до 2,5 кг/м³ ефективність уловлювання гідрофобних частинок значно підвищується. Це пояснюється тим, що зі зростанням концентрації домішок збільшується кількість взаємодій між частинками та краплями води, що підвищує ймовірність успішного захоплення цих частинок краплями рідини.

Крім того, розмір крапель, що утворюються при диспергуванні води, також впливає на ефективність процесу. Менші краплі, що утворюються дисковими розпилювачами, мають меншу кінетичну енергію, тому їх важче рівномірно змішати з газовим потоком. Через це дрібні краплі можуть не досягати повної взаємодії з газами, що знижує ефективність очищення. Зменшення діаметра крапель також ускладнює їх відокремлення від газового потоку внаслідок підвищеного краплевиносу.

З іншого боку, збільшення концентрації механічних домішок у воді призводить до зменшення вільної від частинок поверхні краплі, що може впливати на здатність крапель взаємодіяти з новими частинками.

Для оптимізації процесу було встановлено, що дисперсністю крапель можна ефективно керувати шляхом зміни швидкості обертання дискових розпилювачів, концентрації механічних домішок, витрат рідини та її фізичних властивостей, таких як в'язкість і поверхневий натяг.

Резюмуючи, можна відзначити, що застосування диспергованої води з механічними домішками є доцільним методом для очищення аспіраційних викидів. Цей підхід підвищує ефективність уловлювання пилу та знижує викиди твердих частинок в атмосферу, що є важливим для зменшення забруднення довкілля.

Богдан ГУЛАЙ, доктор технічних наук

Олег КУЗЬ

Володимир БУНДЗИЛО

Національний Університет «Львівська політехніка», Україна

АНАЛІЗ КОЕФІЦІЄНТУ КОРИСНОЇ ДІЇ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ З РЕКУПЕРАЦІЄЮ ТЕПЛОТИ

Зростання вимог до енергозбереження привело до того, що сучасні будівлі стали практично герметичними. Це, в свою чергу, спричинило погіршення якості повітря всередині приміщень. Для вирішення цієї проблеми необхідні ефективні вентиляційні системи, такі як децентралізовані припливно-витяжні системи з рекуператорами. На відміну від централізованих систем, децентралізовані вирізняються нижчою вартістю, не потребують громіздких повітропроводів та легко встановлюються без суттєвих будівельних робіт.

Природна вентиляція, хоча й є простим та економічним рішенням, має значні обмеження. Її ефективність сильно залежить від зовнішніх умов, таких як різниця температур. Ненадійність природної вентиляції в герметичних приміщеннях ускладнює підтримку якісного повітрообміну, що важливо для здорового мікроклімату. Це особливо помітно в сучасних будівлях, орієнтованих на енергоефективність, де природна вентиляція не справляється з контролем якості повітря. У таких умовах децентралізовані механічні системи стають ефективнішим рішенням, адже вони стабільно підтримують комфорт і оптимальний повітрообмін незалежно від зовнішніх факторів. Дослідження існуючих децентралізованих вентиляційних пристроїв та розробка енергоефективного регенеративного теплообмінника є критично важливим завданням. Це дозволить не тільки покращити якість повітря в приміщеннях, але

й сприяти енергозбереженню будівель, особливо з урахуванням сучасних екологічних викликів та кліматичних особливостей України та Європи.

В роботі представлено результати досліджень коефіцієнту корисної дії трьох децентралізованих систем вентиляції з рекуперацією теплоти. Основна увага надавалась забезпеченню однакових вимог щодо проведення досліджень, а також, однакових параметрів мікроклімату «теплої» і «холодної» камер. Хоча результати випробувань показали, що всі системи працюють досить ефективно, аналіз даних виявив потенціал для подальшого вдосконалення. Зокрема, підвищення герметичності систем може значно покращити їхню продуктивність. Ефективність систем може варіюватися залежно від конкретних умов їхньої роботи, зокрема від фактичних витрат повітря та балансу повітряних потоків. Найвищий коефіцієнт корисної дії показала система «Кліматронік 160 Бейсік», проте, існує ймовірність, що система працювала в режимі дисбалансу витрати витяжного і припливного повітря. Таким чином, в подальших дослідженнях варто визначити реальну витрату кожного з приладів для кращого розуміння оцінки ефективності.

Отримані результати можуть бути спрямовані на оптимізацію конструкції ДПВСВ та розробку рекомендацій щодо їх інтеграції з іншими системами вентиляції для забезпечення оптимального мікроклімату в приміщеннях та зниження енергоспоживання.

Валерій САВІН

Криворізький національний університет, Україна

Василь ЖЕЛИХ, доктор технічних наук

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

ПРИРОДНА ВЕНТИЛЯЦІЯ ЯК ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ РІШЕННЯ ДЛЯ ТЕРМОМОДЕРНІЗОВАНИХ БУДІВЕЛЬ

Утеплення зовнішніх стін будівель залишається ключовим заходом для підвищення енергоефективності, особливо для багатоквартирних будинків, які в зимовий період страждають від промерзання стін і вологості, а влітку - від перегріву. Зовнішня теплоізоляція дозволяє значно покращити мікроклімат у квартирах, захищаючи стіни від негативних впливів вологи, вітру та ультрафіолету. Заміна застарілих вікон та балконних блоків на герметичні профілі зі склопакетами також дозволяє створити стабільний мікроклімат у приміщенні, що, в свою чергу, допомагає суттєво зменшити енергоспоживання.

Завдяки високому рівню герметичності та теплоізоляції термомодернізовані будинки значно зменшують втрати тепла, проте це створює проблему обмеженого повітрообміну, що знижує якість повітря в приміщеннях. Зазвичай для вирішення цього питання використовують механічні вентиляційні системи, що забезпечують належний повітрообмін і контроль параметрів внутрішнього середовища. Проте, оскільки ці системи споживають значну кількість енергії, вони часто суперечать основній меті термомодернізації - мінімізації енергоспоживання будинку.

У контексті сучасних вимог до енергоефективності будівель важливим є пошук альтернативних методів вентиляції, які дозволять зменшити або навіть

уникнути залежності від механічних систем. Забезпечення ефективної вентиляції в термомодернізованих будинках має враховувати не лише належний повітрообмін, але й мінімальні енерговитрати. Саме тому перспективним є дослідження природних вентиляційних рішень, зокрема використання вітровловлювачів і віконних провітрювачів. Дані системи мають потенціал забезпечувати ефективний приплив повітря без додаткових витрат енергії, що особливо актуально у світлі державних програм і політик з енергоефективності.

Дослідження присвячено аналізу результатів моделювання впливу природної вентиляції на мікроклімат термомодернізованого будинку на прикладі окремої кімнати, що є ключовим аспектом для забезпечення енергоефективності та комфортних умов проживання.

Метою дослідження є порівняння ефективності двох типів припливного обладнання: вітровловлювача оригінальної конструкції та віконного провітрювача з варіантами розташування над і під вікном, та оцінка впливу різних витрат повітря на характер його розподілу та циркуляцію в приміщенні за умов різних варіантів подачі. Моделювання проводилось для двох кліматичних умов: теплого та холодного періодів року, що дозволило комплексно оцінити вплив припливного повітря на мікроклімат приміщення за різних кліматичних умов.

Для дослідження було обрано термомодернізований одноповерховий житловий будинок, який розташований в м. Кривий Ріг. Температура припливного повітря, з урахуванням кліматичних умов Кривого Рогу, становить «-21°C» у холодний період року та «+20°C» у теплий період. Внутрішня температура повітря прийнята «+20°C». Моделювання впливу природної вентиляції на мікроклімат термомодернізованого будинку було виконано за допомогою ліцензійного програмного забезпечення Solidworks Flow Simulation.

Аналіз результатів моделювання показав, що використання провітрювачів в теплий період року, коли температури припливного повітря та приміщення збігаються, обидва варіанти розташування провітрювачів (над і під вікном) здатні забезпечити достатній повітрообмін, рівномірно розподіляючи повітря. У холодний період року при надходженні повітря з температурою «-21°C» утворюються значні температурні градієнти поблизу провітрювачів, особливо при подачі через нижній провітрювач. Це створює холодні зони в нижніх шарах приміщення, що призводить до зниження теплового комфорту у приміщенні та підвищення енерговитрат, необхідних для додаткового обігріву приміщення.

Використання вітровловлювача із можливістю регулювання температури, витрати та напрямку руху припливного повітря наочно демонструє гнучкість у створенні стабільного мікроклімату за різних умов: забезпечення рівномірного розподілу повітря і сприяння ефективному повітрообміну в теплий і підтримка комфортної температури в приміщенні в холодний періоди року.

Ihor POLATAIKO

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine

APPLICATIONS OF AUTOMATION CONTROL FOR COMMERCIAL GAS ACCOUNTING BASED ON THE CONCEPT OF VIRTUAL POINTS

In Ukraine, approximately 10 million household gas meters with mechanical mechanisms are in use, while most of them lack temperature compensation for natural gas. Without this feature, accurately measuring gas consumption in energy units, as required by regulations, becomes challenging and less cost-effective. To address these metering issues on the global level, a concept involving virtual gas metering points has been introduced, presenting a potential solution for more precise gas accounting. The scope of this research is focused on designing an automation system based on the concept of the virtual points of gas metering, with the primary objective on intelligent control aspects throughout the many elements of the system, but also concerning other areas of the system, such as server-side cloud-based software and infrastructure, and client-side user interfaces, as well as integration of them into a comprehensive automation system.

Gas metering should be performed in kWh. Calculations of the consumed gas energy consumption require the following parameters: volume of gas consumption, standard gas temperature, temperature at the metering environment, altitude of gas metering location, and gas calorific value for the gas line. While the volume of gas consumption is a direct output of the physical gas metering device and standard gas temperature is constant, the other parameters should be controlled, approximated, and predicted. For example, to provide accurate kWh values, the system should predict caloric values based on historical data, as the current month's values would not yet be available. And, to define the temperature at the specific location without the installation of a physical thermometer, the approximation techniques should be developed and evaluated.

The server-side part of the gas accounting automation system is responsible for gas usage calculations, data aggregations, integrations, and other end-user-facing functionality. It should connect external systems to fetch the data required for gas metering calculation parameters approximation and prediction: gas lines database, temperature of air database, and caloric value of natural gas database. The client-side mobile application provides the end customers with the user interface to submit physical gas meter measurements as well as see the current month's gas consumption values and the history of gas usage in the energy units.

Overall, the automation system aims to solve the issue of inaccurate gas metering by leveraging the idea of virtual points of gas metering and defining software-level automation encompassing control system elements as well as information system elements in the scope of one system.

Юрій ФРАНЧУК, кандидат технічних наук

Вікторія КОНОВАЛЮК, кандидат технічних наук

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГАЗУ ДЛЯ БАЛАНСУВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Електрична енергія в Україні вироблялась в об'ємі, що повністю задовольняв потреби внутрішніх споживачів, надлишок енергії експортувався до інших країн. Внаслідок здійснення широкомасштабної військової агресії росії проти України, руйнування електричних мереж періодично створюється дефіцит електроенергії. В умовах, коли пошкоджено понад 50% української електроенергетичної інфраструктури і частина потужностей атомної, відновлюваної та гідроенергетики поки знаходиться на окупованих територіях, найкращим варіантом балансування енергетичної системи є використання можливостей газової генерації.

В Україні продовжує здійснюватися видобуток природного газу із газових родовищ і, внаслідок зменшення споживання промисловістю (багато металургійних підприємств зруйновано або знаходяться на окупованих територіях), з'явилась можливість застосувати цей невикористаний об'єм газу для генерації електричної енергії.

Газотранспортна система менш уразлива до пошкоджень від руйнувань, так як видобуток газу досить розосереджений і мережа має переважно підземне прокладання. Вразливими є компресорні станції, які забезпечують необхідний тиск газу для його транспортування. Наявність запасу газу в газових сховищах підвищує надійність роботи системи.

Крім того, для виробництва електричної енергії є потенційна можливість використовувати біогаз. Виходячи із наявної сировинної бази, Україна може щорічно виробляти 21,8 млрд кубометрів біогазу та/чи біометану. Найбільший потенціал для продукування біогазу мають Київська, Вінницька, Полтавська та Черкаська області. Запровадження «комбінованої енергетики «природний газ плюс водень»» дозволяє зменшити частку природного газу за рахунок використання альтернативного газу.

Ефективним заходом для підтримання балансу електричної енергії є маневрова мобільна генерація на основі газових турбін. Ця технологія може швидко забезпечити надходження енергії в критичній ситуації на базі існуючої газової інфраструктури. Це резерв, який страхуватиме за потреби всю енергетичну систему. Тому необхідно максимально впроваджувати встановлення такого обладнання (газових турбін, двигунів внутрішнього згорання, тощо).

Газові турбіни порівняно з традиційним виробництвом електричної енергії мають наступні переваги: більш тривалий термін експлуатації, швидкий запуск і вихід на необхідну потужність, менша кількість шкідливих викидів. Аргументами для використання газової генерації є можливість швидкого створення об'єктів додаткової генерації; регулювання генерованої потужності у широкому діапазоні; маневреність та незалежність від погодних умов; доступність газових ресурсів.

Актуальність використання газової генерації не зменшиться і в післявоєнний час в умовах відбудови енергетичної системи. Інші варіанти генерації (атомна, сонячна, водяна, тощо) складніші, менш маневрені по потужності та довготривалі у будівництві. Крім того газова генерація в перспективі може бути переведена на альтернативний газ, такий як біометан або синтетичний газ.

Для балансування системи постачання електричної енергії в умовах потенційних обстрілів територій пропонується впровадження наступних коротко- і довготермінових заходів.

Короткотермінові заходи:

1. Збільшення виробництва енергії, в тому числі виробництво електроенергії на мобільних енергетичних установках з використанням в якості палива природного і зрідженого газу, біогазу, водню чи суміші цих газів.
2. Екстрені постачання енергії з інших країн.
3. Ремонт та відновлення пошкодженої інфраструктури.
4. Оптимізація споживання енергії.

Довготермінові заходи:

1. Розширення діапазону джерел генерації електричної енергії;
2. Розвиток та модернізація енергетичної інфраструктури;
3. Інтеграція з європейськими ринками енергії;
4. Залучення міжнародних партнерів та інвесторів.

Ці заходи, як у короткотерміновій так і в довготерміновій перспективі, допоможуть зміцнити енергетичну незалежність України та забезпечити стабільне постачання енергії для всіх секторів економіки.

Анна МОСКВІТІНА, кандидатка технічних наук

Яна САФРОНОВА

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ І ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИЛИХ БУДІВЕЛЬ

У сучасних будівлях тепловтрати через стіни, перекриття верхнього поверху та над підвальними приміщеннями становлять приблизно 34%, або 34 кВт·год/м² на рік. Ці втрати виникають через недостатню теплоізоляцію конструкцій будівлі, що є типовою проблемою навіть для нових споруд. Проте значна частка тепловтрат у нових будинках, а саме близько 50%, припадає на вентиляційні викиди. Це пояснюється тим, що вентиляція забезпечує приплив свіжого повітря, однак разом із ним відбувається і значний відтік теплого повітря з приміщень, що призводить до збільшення теплових втрат.

Зміна рівня повітрообміну у порівнянні з нормативними значеннями має найбільший вплив на загальний рівень тепловтрат. Надмірний повітрообмін спричиняє підвищення витрат на опалення, оскільки більше теплоти втрачається через вентиляційні системи. Навпаки, недостатній повітрообмін може знижувати тепловтрати, але водночас спричиняє погіршення якості повітря у приміщенні, що може вплинути на здоров'я та комфорт мешканців.

Для будівель нового житлового фонду, які характеризуються рівнем тепловтрат близько 100 кВт·год/м² на рік, розподіл тепловтрат за різними видами виглядає наступним чином: значна частина тепловтрат припадає на вентиляцію та недостатню теплоізоляцію зовнішніх конструкцій. Також на втрати теплоти впливають вікна, двері, фундамент і дахи, які при неналежній ізоляції стають «слабкими місцями» у тепловому балансі будівлі.

Під час коригування нормативних вимог щодо теплозахисту вікон необхідно враховувати не лише загальні тепловтрати приміщення, але й особливості теплообміну між людиною та навколишнім середовищем залежно від геометричних параметрів проєктованого приміщення. Наприклад, якщо приміщення має великі віконні площі або значну висоту стель, то це може впливати на сприйняття теплового комфорту мешканцями.

В будинках старої забудови, необхідно підвищувати рівень теплозахисту огорожувальних конструкцій. Варто зазначити, що підвищення теплоізоляції вікон та глухих стін має практично однакову теплову ефективність.

Найбільш ефективним способом підвищення теплозахисту реконструйованих будівель є зовнішня теплоізоляція стін з використанням ефективних теплоізоляційних матеріалів. До того ж, це сприяє значному покращенню температурно-вологісного режиму зовнішніх огорожувальних конструкцій, що позитивно впливає на довговічність будівлі та комфорт проживання. Для утеплення покриттів, горищних та цокольних перекриттів доцільно використовувати легкі та ефективні теплоізоляційні матеріали.

Важливим заходом для підвищення енергоефективності будівель під час реконструкції житлового фонду є скління балконів і лоджій. Це дозволяє не лише зменшити втрати теплоти через зовнішні конструкції, а й покращити загальний тепловий комфорт у приміщеннях. Крім того, встановлення автоматичних пристроїв для закриття вхідних дверей та дверей виходу на горище допомагає зберігати теплоту всередині будівлі, запобігаючи непотрібним тепловтратам через постійно відкриті або погано закриті двері.

Ще одним ефективним рішенням є облаштування тамбурів у тих будинках, де вони відсутні. Це дозволяє створити додаткову буферну зону між зовнішнім середовищем і приміщенням, що значно знижує тепловтрати при частих відкриттях дверей.

Комплекс заходів, спрямованих на досягнення енергоефективності будівель, може включати такі ключові аспекти:

- Підвищення теплової ефективності огорожувальної оболонки будівлі, що передбачає вдосконалення теплоізоляційних характеристик стін, покрівлі та вікон. Це дозволяє значно знизити тепловтрати через зовнішні конструкції будівлі, що, у свою чергу, підвищує її енергоефективність та комфортність.

- Покращення регульованості систем опалення та теплопостачання. Це означає впровадження сучасних технологій, які забезпечують можливість автоматичного або ручного регулювання температурного режиму всередині приміщень відповідно до потреб користувачів. Такі системи дозволяють уникати перегріву або недостатнього прогрівання приміщень, знижуючи при цьому витрати енергії.

- Підвищення ефективності експлуатованих систем тепlopостачання. Це включає перехід до використання альтернативних систем децентралізованого тепlopостачання, таких як теплові насоси, сонячні колектори та інші сучасні рішення. Альтернативні джерела теплоти не лише знижують навантаження на центральні мережі, але й сприяють зменшенню викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище.

- Впровадження систем примусової вентиляції з використанням технологій рекуперації теплоти витяжного повітря. Такий підхід забезпечує не лише ефективне провітрювання, але й значне зниження енергетичних витрат на підтримання комфортного мікроклімату.

Сучасна будівля повинна характеризуватися ефективною системою енергозбереження, яка включає низку заходів, спрямованих на зниження енергетичних витрат для підтримки комфортних умов та освітлення. При цьому важливо забезпечити високу якість мікроклімату всередині приміщення.

Анна МОСКВІТІНА, кандидатка технічних наук

Андрій ЯКИМЕНКО

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ПРОБЛЕМИ ШИРОКОМАСШТАБНОГО ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ В УКРАЇНІ

Необхідність впровадження енергоефективних технологій, що викликані зростанням вартості викопного палива та проблемою забруднення навколишнього середовища. Уряди розвинутих країн усвідомлюють ці виклики протягом певного часу та активно інтегрують теплові насоси для опалення як житлових, так і промислових установ. Як відомо, тепловий насос — це система, призначена для перетворення низькопотенційної енергії з природних або вторинних джерел у придатне для використання тепло. Ці установки є не тільки ефективними та екологічно чистими, але також дозволяють значно заощадити на використанні звичайного палива. Вирішальним показником їх ефективності є співвідношення спожитої електроенергії до виробленої теплоти, яке може в 3-4 рази перевищувати споживану енергію.

Глобальне застосування теплових насосів досліджується через різноманітні успішні впровадження в різних країнах. У Швеції, наприклад, з 1970-х років були докладені спільні зусилля щодо зменшення залежності від викопного палива, що призвело до значної інтеграції теплових насосів у системи опалення. Крім того, є приклади з Європи, США та Японії, де ці технології стали поширеним і надійним способом доставки теплоти.

Широкомасштабне впровадження теплових насосів в Україні стикається з кількома проблемами. Ключові проблеми включають відсутність законодавчих та економічних стимулів для заохочення інвестицій в енергоефективні технології, значні витрати, пов'язані з початковими інвестиціями, та відсутність внутрішнього виробництва цих систем. Крім того, було помічено, що для пілотних проектів, які могли б продемонструвати переваги теплових насосів, недостатньо фінансування.

Для успішного впровадження теплових насосів в Україні необхідно:

- Розробити та запровадити програми субсидій, податкових пільг та дотацій для встановлення теплових насосів, як це роблять у багатьох країнах ЄС.
- Розробка нових і модернізація існуючих стандартів щодо економії енергії, будівельних норм і правил, які включатимуть вимоги до використання теплових насосів у нових та модернізованих будівлях.
- Проведення інформаційних кампаній для населення та підприємств про переваги теплових насосів. Пояснення економічної вигоди та окупності інвестицій для підвищення обізнаності.
- Впровадження пільгових умов для виробників теплових насосів в Україні для розвитку місцевого виробництва, що знижуватиме вартість обладнання.

Теплові насоси не лише екологічні, а й дозволяють відмовитися від газу для опалення та підігріву води. Економія лише на цих потребах становить до 80%. Якщо звичайний електричний котел виробляє таку ж кількість теплоти, скільки споживає електроенергії, то теплові насоси виробляють 3-5 кВт теплоти з кожного спожитого кіловата енергії. По суті єдиний недолік теплових насосів – висока вартість, тому більшість європейських країн субсидують їх встановлення, роблячи вклад у власну енергонезалежність. Теплові насоси також можна використовувати в старих багатоквартирних будинках.

Впровадження теплових насосів в Україні неминуче, але більшість обладнання буде імпортовано найближчими роками. Незважаючи на це, є багато причин для оптимізму щодо того, що ця технологія з часом набуде поширення в нашій країні, сприяючи зменшенню енергетичної залежності від імпорту газу.

Ціна на газ понад два роки не змінювалася, але вона значно нижча за ринкову, яку платить бізнес. В умовах війни немає гарантії, що держава довго дотуватиме з бюджету вартість блакитного палива.

В Україні теплові насоси мають значні перспективи для енергозбереження; однак їх широке впровадження потребує державної підтримки та проактивних зусиль для ознайомлення як громадськості, так і підприємств щодо переваг цих систем. Аналіз наявних даних підкреслює важливість перегляду стратегій енергоефективності та виступає за впровадження всесвітньо визнаних технологій для вирішення нагальних енергетичних та екологічних проблем країни.

Віталій ВОЙНАЛОВИЧ

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ҐРУНТОВІ ТЕПЛОВІ НАСОСИ. НОРМАТИВНО-ПРАВОВЕ ПОЛЕ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ НА НАДРА

Процес впровадження енергоефективних рішень щодо влаштування джерел теплової енергії для будь-яких об'єктів житлового, громадського чи виробничого призначення має відбуватися в рамках існуючої програми держави щодо підвищення енергонезалежності від викопних джерел енергії, а також із дотриманням будівельних норм. Надра – це частина земної кори, що розташована під поверхнею суші та дном водоймищ і простягається до глибин, доступних для геологічного вивчення та освоєння. Надра є виключною власністю народу України

і надаються тільки у користування. Усі водні ресурси (об'єкти) на території України, в тому числі підземні води та джерела, становлять її водний фонд.

Будівництво ґрунтово-зв'язаних теплових насосів напряду підпорядковується національному законодавству про надра та водні ресурси, оскільки це впливає із їх конструктивної будови. Будівництво геотермальних теплообмінників первинного контуру передбачає, як правило, влаштування свердловин, які перетинають різні геологічні шари, в тому числі такі, які містять стратегічні водоносні горизонти.

Майже будь-яка земельна ділянка в країні, яка розглядається для будівництва об'єкту соціального або виробничого призначення, потребує забезпечення водопостачанням і, відповідно, слід у повній мірі виконати всі нормативні вимоги щодо екологічної безпеки водокористування.

Найбільшою адміністративною перешкодою для масштабного використання геотермальної енергії є юридичне врегулювання цього ресурсу. Це особливо актуально для глибоких геотермальних установок. Інвестори повинні мати чітке уявлення про дорожню карту своїх дій та мати право на розвідку й подальше використання геотермального ресурсу.

Згідно чинної практики застосування геотермальних теплових насосів, процедура розробки та погодження проектної документації передбачає отримання технічних умов від Київської гідрогеологічної експедиції ДП «Українська геологічна компанія». В технічних умовах детально описується інформація щодо геолого-гідрогеологічної будови території, на якій планується розміщення теплообмінних зондів.

Аналіз геолого-гідрогеологічних матеріалів дозволяє зробити висновок, що за межами всіх санітарно-охоронних зон встановлення теплообмінних зондів не буде мати суттєвого впливу на основні водоносні горизонти, що використовуються для потреб артезіанського водопостачання. Тепловий вплив теплообмінних зондів на водоносні горизонти розраховується під час розробки проектної документації в частині розділу «Оцінки впливу на навколишнє середовище».

Беручи до уваги стрімкий тренд до підвищення вартості енергоносіїв, економічна доцільність використання геотермальної енергії вже ні у кого не викликає питань. Однак до сих пір в Україні відсутні національні стандарти чи загальноприйняті методики, які б у повній мірі розкривали принципи та процедури проектування, будівництва та експлуатації потужних (>30 кВт) теплонасосних установок, які будуються на основі ґрунтово-зв'язаних теплових насосів саме з точки зору нормативно-правового поля.

Анатолій МОЙСІН

ПП ПВКФ «Аліна-А», м. Херсон, Україна

ПРИРОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ПОВІТРЯ У ПРИМІЩЕННЯХ ЗАКЛАДІВ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я

Парадигма сталого розвитку містить вимоги до захисту довкілля, соціальної справедливості, відсутності расової та національної дискримінації і спрямована на підвищення рівня життя населення тощо.

Серед інших привертає увагу Ціль 3 «Міцне здоров'я», метою якої є забезпечення здорового способу життя та сприяння благополуччю для всіх у будь-якому віці і яка містить 9 завдань, у т.ч. такі:

- забезпечити ... доступ до якісних основних медико-санітарних послуг і до безпечних, ефективних, якісних і недорогих основних лікарських засобів і вакцин для всіх (завдання 3.8);

- до 2030 р. істотно скоротити кількість випадків смерті та захворювання в результаті впливу небезпечних хімічних речовин, забруднення й отруєння повітря, води і ґрунтів (завдання 3.9).

В результаті реалізації поставлених завдань до 2030 р. повинно істотно скоротитись кількість випадків смерті та захворювання в результаті впливу небезпечних хімічних речовин, забруднення й отруєння навколишнього середовища. Системи інженерного забезпечення створюють і підтримують нормовані значення параметрів повітряного середовища у приміщеннях будівель і споруд різного призначення. З підписанням угоди про асоціацію з Європейським Союзом в Україні розпочалась адаптація державних стандартів до європейських вимог щодо мікроклімату у приміщеннях та технологічних рішень з його організації та забезпечення.

Медичні заклади, лікарні та особливо операційні – це приміщення, до мікроклімату яких завжди ставилися особливо суворі вимоги. Від рівня вологості і температури повітря в операційній залежить не тільки самопочуття хірурга та його помічників, а й стан здоров'я самого пацієнта.

У багатьох випадках недотримання норм щодо вологостно-температурного режиму тощо може спричинити небажані ускладнення в самопочутті хворого. Вимоги до умов та організації надання послуг з медичного обслуговування населення (медичних послуг) встановлюють Державні санітарні норми і правила.

Наразі найбільш дієвим способом бактеріального знезараження повітря у приміщеннях є використання ультрафіолету. Основний недолік даного методу очищення повітря від хвороботворних мікроорганізмів і вірусів – це шкідливий вплив на здоров'я людини можливого надлишкового опромінення, надмірні концентрації озону і парів ртуті – інгредієнтів першого класу небезпеки, які виділяються в процесі обробки. Окрім цього, знезараження відбувається виключно у тих місцях та зонах, куди потрапляють прямі промені ультрафіолету, і виключно за відсутності людей. Для усунення вказаних недоліків запропонована інноваційна технологія очищення повітря у закритих приміщеннях, яка заснована на природних процесах знезараження патогенної мікрофлори. Метод нешкідливий для людей та домашніх тварин. Розроблено та успішно апробовано конструктивні рішення галоаераторів – пристроїв для знезараження повітря в закритих приміщеннях та безпосередньо саму технологію. За результатами випробовувань підтверджено їх ефективність – рівень бактеріального забруднення повітря у закритому приміщенні з початкового значення 1500 зменшився за 40 хвилин роботи приладу до 10 КУО/м³.

Запронований спосіб сприяє насиченню повітря у закритих приміщеннях корисними мікроелементами з підвищеним знезаражувальним ефектом. При його

застосуванні у закритому приміщенні був досягнутий позитивний ефект, який полягає у зменшенні бактеріологічних показників.

Анатолій МАКАРОВ, кандидат технічних наук

Андрій ХОДОС

Михайло КИРІЄНКО

ПрАТ «Калинівський машинобудівний завод»

Михайло СЕНЧУК, кандидат технічних наук

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ РОБОТИ РОЗПИЛЮВАЛЬНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ СУШІННЯ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ

Розвиток молочно-консервної промисловості України пов'язаний з підвищенням технологічної та енергетичної ефективності одного з основних процесів – сушіння молочних продуктів з метою поліпшення їх якісних показників і підвищення стійкості продуктів під час зберігання. Для модернізації виробничого процесу є потреба в новітньому ефективному обладнанні, зокрема в енергоефективних розпилювальних сушильних установках. У останні роки зросла потреба на обладнання для сушіння сироватки, яка є видом відходів при виробництві сиру. Парк установок на молокозаводах України в недавньому минулому складався з застарілих установок А1-ОРЧ з одноступеневим процесом сушіння, не придатних для сушіння сироватки. Імпортні установки ВРА-4 мають обмежену температуру нагріву повітря в парових калориферах та недопустимі викиди в атмосферу. Існуючі рекомендації з розрахунку та проектуванню устаткування для сушіння молока і молочних продуктів потребують удосконалення чи уточнення.

У роботі наведено результати теоретичних і експериментальних робіт проведених в ході розробки й удосконалення розпилювальних сушильних установок на ПрАТ «Калинівський машинобудівний завод» (м. Калинівка, Вінницька обл.), на основі яких розроблено практичну методику розрахунку удосконалених конструкцій розпилювальних сушильних установок з сучасними технологічними та енергетичними параметрами. Дані експериментальних досліджень процесів сушіння на пілотних моделях і повнорозмірних промислових сушильних установках в ході їх створення й удосконалення та освоєння сушіння нових молочних продуктів використані для розробки теоретичних рішень і рекомендацій в питаннях аеродинаміки сушильної камери і псевдозрідження сухих молочних продуктів, які є пилоподібними. Встановлено, що удосконалена методика розрахунку тепломасообміну в сушильній камері повинна додатково включати знаходження величини активного об'єму випаровування за досягнутих відповідних параметрів вологого повітря. На підставі наукових і дослідно-конструкторських робіт в процесі освоєння виробництва розпилювальних сушильних установок продуктивністю по випареній вологості від 500 кг/год до 2500 кг/год реалізовано перехід від застарілого одноступеневого розпилювального сушіння з охолодженням продукту в пневмотранспорті до єдиного триступеневого процесу, що включає розпилювальне сушіння, сушіння в

псевдозрідженому стані та віброохолодження. Позитивні результати отримано за поетапної модернізації сушильної камери з потрібним формуванням аеродинаміки стабільного процесу сушіння. За одноступеневої схеми на першому етапі модернізації по заміні плоского днища камери конусом з вивантаженням продукту через роторний шлюзовий затвор та боковим відведенням відпрацьованого повітря не забезпечила повноту сушіння, не було досягнуто умови стабільності розпилювального сушіння за перебування в стані витання частинок вологого продукту до повного їх висихання. На практиці середній час проходження повітрям сушильної камери (≈ 20 с) значно перевищує час витання краплі до випадіння приблизно (≈ 1 с), що спричиняє інтенсивне налипання недосушеного продукту на стінках конуса в зоні видалення відпрацьованого повітря. Надійність роботи розпилювальних установок без налипання досягнуто при збільшенні тривалості сушіння частинок в камері завдяки застосуванню «повітряного днища» - циліндричної камери з плоским перфорованим дном на нижньому зрізі конуса з відповідною аеродинамікою струменевих потоків. Застосування процесу псевдозрідженого (киплячого) шару молочних порошків, як другої стадії розпилювального сушіння, досліджено на чотирьох типах лабораторних моделей, результати яких впроваджено в конструкціях камер киплячого шару всіх типів сушильних установок. Встановлено, що наявність камери псевдозрідження забезпечує приріст продуктивності сушильної установки по випареній вологості на 10-15%.

Ефективність реалізованих запатентованих технічних рішень підтверджено результатами пуско-налагоджувальних випробувань модернізованих сушильних установок та під час їх подальшої експлуатації. Набутий науково-технічний досвід ПрАТ «Калинівський машинобудівний завод» по модернізації та введення в експлуатацію розпилювальних сушильних установок у сукупності з досвідом виробництва обладнання для обробки молочних продуктів – газових високотемпературних повітрянагрівачів та вакуум-випарних установок є основою для організації їх серійного виробництва.

Володимир СІРЕДЖУК
ТОВ Нестле Україна

СУЧАСНІ ВИКЛИКИ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СИСТЕМАХ ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ УКРАЇНИ

Системи теплопостачання та газопостачання є важливою складовою житлово-комунального господарства України, відповідальними за забезпечення теплом та газом населення і промислові об'єкти. Основні напрямки розвитку цих систем включають централізоване теплогазопостачання, автоматизацію управління, а також використання відновлюваних і вторинних джерел енергії. Одним із важливих завдань є зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу, що сприятиме зменшенню негативного впливу на екологію та підвищенню енергоефективності.

Система тепlopостачання включає комплекс пристроїв для виробництва, транспортування та розподілу теплової енергії у вигляді гарячої води, водяної пари або нагрітого повітря до кінцевого споживача.

Основні елементи:

1. Джерела тепла — забезпечують виробництво теплової енергії.
2. Теплові мережі — транспортують тепло до споживачів.
3. Теплові пункти — забезпечують ефективний розподіл теплової енергії.
4. Місцеві системи споживання тепла — відповідають за кінцеве споживання тепла.

Система газопостачання спрямована на безпечне і безперервне подавання газу споживачам. Важливою умовою є можливість відключення окремих ділянок для обслуговування і ремонту, що підвищує надійність системи. Близько 80% систем тепlopостачання в Україні є централізованими. Вони сприяють зниженню забруднення повітря та дозволяють оптимально використовувати ресурси завдяки комбінованому виробництву тепла і електроенергії на ТЕЦ.

Основними проблемами залишаються значні теплові втрати, що досягають 30-40% через недостатню теплоізоляцію трубопроводів, особливо у непрохідних каналах з мінеральною ватою, яка втрачає свої ізоляційні властивості при контакті з водою.

Використання теплових насосів, сонячних колекторів та систем акумулювання тепла сприяє зниженню залежності від викопного палива. Застосування когенераційних технологій (одночасне виробництво тепла і електроенергії) підвищує загальну ефективність системи. Сучасні енергоефективні будівлі з вдосконаленими теплоізоляційними матеріалами та герметичними конструкціями дозволяють знизити енергоспоживання на 20-30%.

Сучасні системи тепlopостачання використовують кількісне, якісне та комбіноване регулювання, що забезпечує оптимальні умови та дозволяє економити до 15-20% енергії завдяки автоматичному контролю температури на основі погодних умов. Впровадження систем обліку тепла дозволяє здійснювати моніторинг ефективності енергоспоживання, знижуючи витрати шляхом впровадження економічних заходів.

Використання попередньоізольованих труб у безканалному прокладанні дозволяє знизити теплові втрати, збільшити термін служби систем та зменшити витрати на ремонт. В Україні ця технологія активно розвивається, але потребує подальшого впровадження для досягнення європейських стандартів.

Використання сучасних теплообмінників та регуляторів знижує енерговитрати, а регульовані схеми подачі теплоносія допомагають уникнути зайвих втрат тепла у періоди низького навантаження.

Підвищення енергоефективності та впровадження відновлюваних джерел енергії є стратегічними завданнями для систем теплогазопостачання України. Використання нових технологій, таких як попередньоізольовані труби, автоматичне регулювання температури та облік енергії, забезпечить оптимізацію витрат, зменшить втрати тепла та сприятиме зниженню викидів в атмосферу. Реалізація цих заходів дозволить Україні досягти європейських стандартів енергоефективності, забезпечуючи сталий розвиток галузі теплогазопостачання.

Василь ЖЕЛИХ, доктор технічних наук

Юрій ФУРДАС, кандидат технічних наук

Володимир ШЕПІТЧАК, кандидат технічних наук

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

Христина МИРОНЮК, кандидатка технічних наук

Бірмінгемський університет, Великобританія

ПАСИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ПІДТРИМКИ МІКРОКЛІМАТУ В МОДУЛЬНИХ БУДИНКАХ

Метою роботи було дослідити можливості та переваги застосування інтегрованих пасивних систем забезпечення параметрів мікроклімату в модульних будинках різного призначення з використанням альтернативних джерел енергії.

Об'єктом дослідження були інтегровані пасивні системи забезпечення мікроклімату в модульних будинках різного призначення.

Предметом дослідження були закономірності формування технічних, економічних, та екологічних аспектів застосування інтегрованих систем забезпечення мікроклімату в модульних будинках різного призначення, з фокусом на використанні альтернативних джерел енергії. Дослідження спрямоване на визначення оптимальних рішень для досягнення енергетичної незалежності та підвищення ефективності енергоспоживання в модульних будинках.

Наукова новизна отриманих результатів:

- на основі аналітичних досліджень та оброблення статистичних даних уточнено графоаналітичні залежності визначення потенціалу відновлювальних джерел енергії для певного регіону України;
- запропоновано конструкції модульних будинків для різних груп населення з врахуванням функціональності, енергоефективності та економічності;
- створено систему вибору оптимального типу та товщини теплової ізоляції для модульних будинків на основі багатокритеріального аналізу;
- вперше розроблено конструкцію термосифонного колектора з можливістю зміни товщини повітряного прошарку в середині установки;
- удосконалено систему із пасивним використанням сонячної енергії, зокрема застосування термосифонного колектора в якості тепловентиляційного пристрою інтегрованого у зовнішнє захищення модульного будинку;
- розвинуто метод комп'ютерного моделювання, який дав змогу в широкому діапазоні оцінити температурні режими роботи термосифонного колектора при різних умовах експлуатації;
- вперше експериментально встановлено тепловентиляційні характеристики термосифонного колектора запропонованої конструкції для гравітаційного та механічного режиму роботи та виявлено закономірності зміни ефективності при різній висоті припливних отворів та товщини повітряного прошарку;
- проведено моделювання теплових процесів у запропонованій конструкції термосифонного колектора в режимі опалення, вентиляції та охолодження;
- на основі експериментальних досліджень геометрично-подібної моделі модульного будинку у аеродинамічній трубі визначено аеродинамічні коефіцієнти

на фасадах модульного будинку та встановлено зони із надлишковим статичним тиском та розрідженням.

Олександр ЗАДОЯНИЙ, кандидат технічних наук

ТОВ «Будівельні-стандарти», Україна

Юрій ЄВДОКИМЕНКО, кандидат технічних наук

ТОВ «Бест клімат технології», Україна

ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ЦЕНТРАЛЬНИХ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ЗА ПОКАЗНИКОМ ЕКСЕРГЕТИЧНОГО КОЕФІЦІЄНТА КОРИСНОЇ ДІЇ

Під час проектування, будівництва та експлуатації інженерних систем та їх конструктивних елементів в будівлях і спорудах у цілому державними нормативними документами України встановлено положення щодо забезпечення економії енергії та енергетичної ефективності. Нормативні положення передбачають основні вимоги на використання енергії для опалення та охолодження приміщень або теплової зони, регулювання вологості, гарячого водопостачання, вентиляції та освітленості тощо.

Забезпечення виконання основної вимоги щодо економії енергії та енергетичної ефективності має здійснюватися за рахунок цілого ряду заходів до яких зокрема належить оптимізація споживання енергії інженерними системами будівель. Серед найбільш енерговитратних інженерних систем будівель центральні системи кондиціонування повітря (ЦСКП) займають особливе місце, зважаючи на те, що вони споживають всі види енергії, які генерують комунальні й промислові генеруючі установки. Щодо даних систем нормативними вимогами передбачено визначення ефективності, а саме - *коефіцієнта корисної дії* режиму їх роботи і керування відповідними кліматичними параметрами.

Авторами розроблено й впроваджується методологія з оцінки показників енергоефективності різних схемних рішень ЦСКП, їх окремих функціональних елементів та вузлів обробки повітря. Методологія базується на основних положеннях *ексергетичного* аналізу, який на наш погляд є найбільш коректним і досконалим для вказаних систем.

В даній доповіді наведено результати аналітичних досліджень з оцінки *ексергетичної ефективності* за показником *ексергетичного коефіцієнта корисної дії* окремих функціональних елементів ЦСКП. Дослідженням охоплено пристрої з нагрівання, охолодження, зволоження та осушення повітря систем вітчизняних виробників й постачальників відповідного обладнання. Було обчислено за оригінальними методиками підігрівачі та охолоджувачі повітря, камери зрошування для зволоження й осушення повітря, а також рекуператори теплоти викидного повітря для різних режимів роботи в теплий та холодний розрахункові періоди.

Вперше було отримано коректні чисельні результати досліджень за показником *ексергетичного коефіцієнта корисної дії*. Для досліджених елементів ЦСКП його значення залежно від періоду склали:

- 7...25% для камери зрошування;

- 20...50% для підігрівачів повітря та рекуператорів теплоти;
- 30...45% для охолоджувачів повітря.

Нами показано, що *ексергетичний аналіз* для ЦСКП доводить можливості коректної оцінки окремих елементів систем щодо ощадного споживання енергії. На відміну від традиційних методів, де порівнюють окремі види енергії між собою як, наприклад, теплову, або електричну, ексергетичний аналіз оперує єдиним термодинамічним потенціалом – *ексергією*, яка має властивість адитивності й дозволяє оцінювати характерні для систем кондиціонування повітря енергетичні потоки та визначати відповідні показники енергоефективності.

Павло ПАСІЧНИК, кандидат технічних наук

Крістіна ГАБА, кандидатка технічних наук

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ПРИ УЛАШТУВАННІ СПОРУД ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ В ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЛЯХ

В умовах військового стану та повномасштабної війни в Україні актуалізувався окремий напрям будівництва, а саме улаштування споруд цивільного захисту в громадських будівлях, зокрема навчальних закладів, закладів охорони здоров'я, спортивно-видовищних споруд і т.і. Головною проблемою при проєктуванні інженерних мереж в укриттях є теплопостачання, оскільки це додаткове теплове навантаження для будівлі, що тягне за собою або реконструкцію загальної системи теплопостачання, або спорудження об'єктів теплогенерації.

Ефективним рішенням щодо забезпечення теплом інженерних систем укриттів може слугувати підключення систем теплопостачання укриттів паралельно з із системами, що покривають навантаження основної будівлі. Під час повітряної тривоги основна система теплопостачання переключається на черговий режим (встановлюється відповідно до призначення та особливостям будівлі), а вивільнена тепла енергія направляється до інженерних мереж укриття. Оскільки, зазвичай, під час небезпеки всі люди в громадській будівлі повинні знаходитися в укритті, то таким чином здійснюється теплопостачання тієї частини будівля в якій знаходяться люди. Такий підхід дозволяє значно зекономити на реконструкції загальної системи теплопостачання.

Проблемою такого рішення може виявитися надмірне переохолодження основної будівлі, адже згідно ДБН В.2.2-5:2023 «Споруди цивільного захисту» укриття має мати можливість прихистити людей упродовж 48год. Проте, як показує статистика, більшість повітряних тривог упродовж війни високої інтенсивності складає близько 1,5год. Такий час перемикання систем на черговий режим при відповідності огорожувальних конструкцій сучасним нормативам не повинен значно вплинути на умови комфортності у будівлі. Звісно, для всеосяжного впровадження такого режиму теплопостачання громадської будівлі з вбудованим укриттям, необхідно проводити дослідження теплової стійкості будівель.

В цілому, можна стверджувати що паралельне підключення систем теплопостачання основної будівлі та укриття до джерела теплоти реальний спосіб

знизити капітальні затрати на улаштування укриттів у громадських будівлях, що дозволяє більш інтенсивно нарощувати їх кількість.

Володимир ВАХУЛА

Олексій ДУДНІКОВ

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО МІКРОКЛІМАТУ В МУЗЕЙНИХ ПРИМІЩЕННЯХ ЗА ДОПОМОГОЮ БАГАТОСТРУМИННИХ ПОВІТРОРозПОДІЛЬНИКІВ У СИСТЕМАХ З РЕГУЛЬОВАНОЮ ВИТРАТОЮ ПОВІТРЯ

Забезпечення оптимальних мікрокліматичних умов у музейних приміщеннях є ключовим аспектом для збереження цінних експонатів і створення комфортних умов для відвідувачів. Параметри температури (16-24 °C, оптимально 18-22 °C) та відносної вологості (55% ± 5%) повинні залишатися стабільними для запобігання пошкодженню об'єктів культурної спадщини. Проте традиційні системи вентиляції з постійною витратою повітря не завжди здатні забезпечити такі умови через високі енергетичні витрати та обмежену адаптивність до зміни кліматичних і експлуатаційних факторів. Тому використання багатоструминних повітророзподільників у системах з регульованою витратою є сучасним підходом, який дозволяє оптимізувати енергоспоживання та забезпечити ефективне підтримання параметрів повітря.

Було проведено теоретичні дослідження функціонування багатоструминних повітророзподільників, здатних формувати віялові, вісесиметричні та комбіновані струмини. Моделювалися три основні схеми подачі повітря: подача вісесиметричною струминою, подача віяловою струминою, а також комбінована подача обома типами струмин. Використання різних струмин дозволяє контролювати напрямок і параметри повітряного потоку, що є особливо важливим для уникнення перегріву або переохолодження зон, де розташовані експонати.

Математичне моделювання показало, що віялова струмина забезпечує рівномірний розподіл температури та вологості в робочій зоні при витраті повітря від 25% до 100% від максимальної. Зокрема, охолоджена віялова струмина сприяє створенню стабільного мікроклімату, що відповідає нормативним вимогам для збереження експонатів. Нагріта віялова струмина, натомість, спливає до верхніх шарів приміщення, не досягаючи робочої зони, що призводить до порушення циркуляції повітря. Охолоджена вісесиметрична струмина є ефективною лише при значному зниженні витрати повітря (до 25% від максимальної), тоді як нагріта вісесиметрична струмина потребує додаткового регулювання площі випуску повітря.

Використання обох типів струмин одночасно дозволяє досягти найкращих результатів для підтримання стабільного мікроклімату в умовах високої інтенсивності повітрообміну. Ця схема забезпечує рівномірне розподілення температури та вологості по всьому об'єму виставкової зали, мінімізуючи вертикальні градієнти температури, що є важливим для збереження експонатів.

Математичне моделювання та результати теоретичних досліджень підтвердили ефективність охолодженої віялової струмини для підтримання нормативних параметрів у робочій зоні музейних залів. Нагріта віялова струмина є непридатною для даних умов, оскільки вона порушує режим циркуляції, вимагаючи більш ретельного регулювання. Використання комбінованих струмин є найбільш перспективним, особливо для великих приміщень або приміщень із високим рівнем тепловиділення. Запропоновані результати та рекомендації можуть бути корисними при проектуванні та модернізації вентиляційних систем у музеях, де важливим є підтримання стабільного мікроклімату для збереження культурних цінностей.

Сергій РИБАЧОВ, кандидат технічних наук

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ РІШЕННЯ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА ДИМОВИДАЛЕННЯ ДЛЯ БАГАТОРІВНЕВИХ АВТОСТОЯНОК ВЕЛИКИХ ПЛОЩ

При влаштуванні вентиляції та димовидалення багаторівневих паркінгів або автостоянок як правило використовують класичні проектні рішення. Проте зараз часто зустрічаються імпульсні або по іншому струминні система вентиляції та димовидалення. В залежності від режиму ці системи можуть бути як вентиляційні – для провітрювання приміщення, або ж як системи димовидалення під час пожежі. Основна відмінність таких систем від звичних полягає у відсутності повітроводів прокладених під стелею приміщень паркінгів. Вентиляційне повітря або продукти горіння під час пожежі транспортуються до димоприймальних отворів витяжних шахт за рахунок направлених струмин повітря чи димових газів від імпульсних вентиляторів рівномірно розташованих під стелею приміщень паркінгів. Проте особливою важливою вимогою влаштування таких систем є те, що припливні та витяжні шахти повинні бути якомога віддалені одна від одної.

В опалювальний період витрата тепла для нагрівання вентиляційного повітря в будівлях складає не менше 30-60% від загальних тепловтрат. Для зниження цих енерговитрат використовують різні типи утилізаторів, що стало основою у створенні вентиляційних агрегатів, оснащених такими пристроями. Іншим способом енергозбереження стало використання рециркуляції в системах вентиляції, що дозволяє вдруге використовувати вже нагріте повітря з витяжних систем змішуючи його з припливним повітрям.

За умови влаштування імпульсних систем вентиляції та димовидалення питання рекуперації та рециркуляції повітря отримало ряд обмежень та особливостей. Використання рециркуляції змушує прокладати додаткові повітропроводи та канали оскільки приплив і витяжка знаходяться на значних відстанях, пластинчасті та роторні рекуператори також складно використати в таких системах. Одним з можливих раціональних енергоефективних рішень є застосування рекуператорів з проміжним теплоносієм. За таких умов вода або водно-гліколевий розчин циркулюють між двома теплообмінниками, один з яких розташований у витяжному каналі, а інший в припливному.

Використання додаткового теплообмінного апарату окрім рекуператора дозволить сумістити повітряне опалення і вентиляцію. Також при певних розрахунках таке рішення дозволяє використати підведення теплоносія з нижчими температурами від теплового насосу. В теплий період року можливо виконувати рекуперацію холоду та використання термальної енергії ґрунтів чи поверхневих джерел води.

Традиційно вважалось, що системи з проміжними теплоносіями мають не високі коефіцієнти ефективності рекуперації, проте застосування вискоефективних теплообмінних апаратів та нових технічних рішень значно підвищують ці показники.

Борис БАСОК, доктор технічних наук

Оксана ЛИСЕНКО, кандидатка технічних наук

Інститут технічної теплофізики НАН України

Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Світлана ГОНЧАРУК, кандидатка технічних наук

Марина МОРОЗ

Інститут технічної теплофізики НАН України

Віталій ОПРИШКО, кандидат технічних наук

Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Ігор БОЖКО, кандидат технічних наук

ЗСУ, в/ч А4668

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМУ ПРИМІЩЕННЯ ПРИ ЙОГО ОПАЛЕННІ ЕЛЕКТРИЧНИМ ОПАЛЮВАЛЬНИМ ПРИЛАДОМ

Мобільні (переносні) теплові насоси є універсальними рішеннями для ефективного та зручного обігріву приміщень, особливо у випадках надзвичайних ситуацій, у т.ч. пов'язаних з військовими діями, які призводять до руйнувань систем теплозабезпечення населення. Однією з визначальних особливостей мобільних теплових насосів, головним чином повітряних теплових насосів, є їх компактна та легка конструкція. Завдяки цьому їх легко переміщувати, що дозволяє вибирати конкретні зони для опалення, забезпечуючи ефективно та швидко нагрівання.

Метою роботи є дослідження теплового режиму приміщення будівлі при опаленні електричним опалювальним приладом, а саме мобільним повітряним тепловим насосом малої потужності. Експериментальні дослідження проводились на прикладі використання мобільного теплового насоса потужністю 1,5 кВт. В приміщенні розмірами: довжина – 6160 мм, ширина – 3220 мм, висота – 2660 мм було встановлено тепловий насос біля вікна, в яке було встановлено гофровану випускную трубу діаметром 15 см для відведення відпрацьованого повітря в навколишнє середовище. Під час роботи теплового насоса з використанням

термоанемометру, що був розміщений безпосередньо над обігрівачем, проводились вимірювання температури та швидкості потоку повітря по відстані від поверхні теплового насоса. Торець термоанемометра, в якому розташовані чутливі елементи для вимірювання температури та швидкості, встановлено врівень з передньою поверхнею теплового насоса, що є нульовою точкою відліку для даного експерименту. Для вимірювання температури по висоті приміщення була встановлена вертикальна струна, оснащена 12-ма датчиками температури ТСП-100, сигнали з яких поступали на вимірювальний комплекс та архівувались в пам'яті комп'ютера. Також за допомогою портативного ручного термоанемометра проводились вимірювання швидкості потоку повітря з випускної труби.

На основі проведених експериментальних досліджень встановлені особливості теплового режиму приміщення при нагріванні його мобільним тепловим насосом малої потужності. Використання опалювальних приладів такого типу дозволить зменшити ризики, які можуть негативно вплинути на теплозабезпечення населення в умовах воєнного та повоєнного стану.

Екосистеми та водні ресурси. Інженерія. Технології

Тетяна ТКАЧЕНКО, докторка технічних наук

Віктор МІЛЕЙКОВСЬКИЙ, доктор технічних наук

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

Adam UJMA, Doctor of Engineering

University of Applied Sciences in Nysa, Poland

Anna LIS, Doctor of Engineering

Czestochowa University of Technology, Poland

ВИКОРИСТАННЯ ВІЙСЬКОВИХ ВІДХОДІВ У БУДІВНИЦТВІ

Одним із кроків, що прискорив відновлення Варшави після Другої світової війни, стало застосування у будівництві будівельних військових матеріалів та відходів. Наприклад, вцілілу цеглу використовували повторно, а будівельне сміття подрібнювали в бетон. Такі цілі речі як ванни, дверні ручки, поручні та багато іншого використовувалися для встановлення в реконструйованих будинках.

У таких державах як Данія, Нідерланди, Німеччина існує пряма вимога у новому будівництві використати певний відсоток продукції з переробленого сміття. В Австрії переробляється близько 8,7% відходів будівництва та знесення. Найрадикальніших заходів щодо боротьби із захороненням будівельних відходів вжито у Фландрії, де діють прямі заборони на звалища для вторинної переробки фракцій будівельних відходів. У Нідерландах вже близько 10 років чинний закон, який забороняє звозити на полігони будівельні відходи, які можна переробити.

На думку Мартіна Б'єррегаарда, директора компанії з розчищення відходів після катастроф Disaster Waste Recovery, сміття такої категорії є найскладнішим і найнебезпечнішим для роботи та навколишнього середовища. Його не можна просто скинути до ями. Наприклад, після урагану Катріна в 2005 році, за даними ВВС, державні службовці Луїзіани (США) скинули понад 30 млн м³ сміття на місцеві

звалища. Нові полігони будували терміново, часто із порушенням санітарних норм, відходи не сортували. Крім того, влада тимчасово дозволила вивозити відходи, утилізацію яких у мирний час заборонено. У результаті в ґрунт потрапляли небезпечні для людини нафтопродукти, пестициди, азбест.

У період війни з росією проблема перероблення військових відходів постає дуже гостро. Сьогодні вже ведеться робота з розбирання завалів, що утворилися в результаті бойових дій, і очищення населених пунктів від уламків зруйнованих об'єктів. У таких будівельних відходів може бути повторне використання не тільки під час відновлення пошкоджених об'єктів, а й під час виробництва будівельних матеріалів.

Можна виділити три основні стадії: 1. Сортування. 2. Зменшення обсягу відходів, наприклад методом дроблення. 3. Повернення зібраних матеріалів у цивільне звернення з використанням їх як вторинної сировини. Можуть бути такі варіанти:

- «Чернець» (подрібнений метал), може бути повернений в обіг після переплавлення.

- Будівельні «кам'яні» залишки придатні для виробництва різного виду будівельної продукції. Наприклад, як підсипка під дорожнє полотно, ними можна засипати воронки від розривів снарядів.

- Уцілілі уламки будинків підходять як будівельні матеріали.

- Повалені дерева йдуть на тріски.

- Щебінь, отриманий із переробленого бетону, служить для засипання боліт та котлованів, а також для створення тимчасових доріг.

- Асфальт повторно застосовують у будівництві доріг, але спочатку його термічно обробляють за дуже високої температури.

- Арматуру також повторно використовують у будівництві та у багатьох інших випадках.

Також таке сміття може застосовуватися у будівельних конструкціях для створення бетону низької марки. В Україні є заводи з виготовлення такого бетону.

На сьогодні дуже популярним застосуванням відходів є художні об'єкти в будинках і прибудинкових територіях. Традиційним застосуванням відходів є квіткарки і вазони. Це можуть бути не лише шини, але й уламки снарядів відповідної форми та тубуси. Подібні об'єкти одночасно є пам'ятниками війні. Головною умовою є очищення залишків від токсичних речовин від палива та вибухівки. Залишки дерев'яних і керамічних конструкцій після перемелювання можуть застосовуватися як субстрати для газонів прибудинкових територій, квіткарки і зелених конструкцій.

Олена КОТОВЕНКО, кандидатка технічних наук

Олена МІРОШНИЧЕНКО

Даніїл ДАНИЛЕНКО

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

НАФТОГАЗОВИДОБУВАННЯ І НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

Забезпечення достатнього рівня розвитку нафтогазового виробництва є необхідною умовою стабільного розвитку будь-якої країни. Нафтогазовий комплекс є однією з найважливіших складових паливно-енергетичної бази України. Нафтогазова промисловість – галузь важкої промисловості підприємства якої розвідують, видобувають і переробляють нафту і газ, а також транспортують і зберігають їх.

В той же час будь-яке нафтогазове виробництво характеризується тим, що практично на всіх стадіях його функціонування відбувається шкідливий вплив на компоненти навколишнього середовища.

Особливу небезпеку становить ризик забруднення гідросфери, тобто можливе потрапляння неочищених стічних вод (промивних) і забруднювачів у водойми. Окрім того, при спорудженні видобувних свердловин відбувається утворення шкідливих відходів, виникає проблема забезпечення їх надійного зберігання. Бурові стічні води, вибурена порода, відпрацьований буровий розчин є невід'ємними елементами процесу буріння. Бурові стічні води мають здатність фільтруватись крізь гідроізоляційні покриття шламових амбарів, забруднюючи ґрунти, поверхневі і підземні води. Небезпечними є також аварійні викиди та фонтанування нафти, газу і мінералізованих пластових вод на суші в межах акваторії. Можливе забруднення водного середовища нафтопродуктами, яке виникає внаслідок порушення цілісності стовбура свердловини.

Відбувається забруднення ґрунтів: - при фонтануванні нафти з свердловин, які перебувають на стадії буріння; - при утворенні поверхневого ареалу відходами буріння; - при фонтануванні нафти з свердловин, що експлуатуються.

При розробці родовища відбувається забруднення надр, а порушення герметичності колон в процесі видобування може призвести до міжпластового перетікання чи відкритого фонтанування нафти.

На основі проведених досліджень можливо зробити такі висновки.

Підвищення екологічної безпеки нафтогазового промислу повинно розглядатися в двох аспектах – на етапі буріння і на етапі видобутку.

На етапі буріння:

- 1) Вдосконалення технології при будівництві свердловин та створення амбарів;
- 2) Вдосконалення методів рекультивації земель;
- 3) Вдосконалення методів опрацювання водних відходів і економії води, що необхідні на технологію, а саме:
 - а) повторне використання бурових стічних вод;
 - б) скорочення об'ємів використання свіжої води;
 - в) зменшення об'ємів утворення бурових стічних вод;
 - г) безпечне зберігання в шламових амбарах відпрацьованих бурових розчинів та шламу після попереднього їх знезараження;

- 4) переробка шламу для одержання корисних матеріалів;
- 5) використання екологічно безпечних хімреактивів і матеріалів для бурових розчинів і покращення способів їх утилізації.

В процесі безпосередньо розробки нафтогазових родовищ зменшення забруднення довкілля можливо за рахунок:

- 1) Застосування найефективніших методів видобування;
- 2) Вилучення супутніх компонентів промислового значення (нафтовий газ, гелій, йод, бром);
- 3) Недопущення наднормативних втрат і вибіркового вироблення багатих та легкодоступних ділянок родовища, що веде до розбалансованого вироблення запасів;
- 4) Здійснення дорозвідки родовищ;
- 5) Проведення уточнювальних робіт і ведення необхідної геолого-технологічної документації за передбаченого діючими правилами розробки;
- 6) Ведення моніторингу по зміні стану і втрат запасів;
- 7) Заборонити діяльність, яка може завдати шкоду родовищам, які розробляються і розташованим поблизу іншим покладам корисних копалин, а також збереження корисних копалин, законсервованих в надрах;
- 8) Проведення обліку корисних копалин які видобуваються попутно, але тимчасово не використовуються.

Віталій ЗАЛОЖ, кандидат технічних наук

Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія», Україна

ФОРМУВАННЯ ПРОЕКТНОГО РІШЕННЯ ЩОДО СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ОЧИЩЕННЯ БАЛАСТНИХ ВОД

Робота розглядає представлення інноваційної технології знезараження і очищення водного баласту суден згідно стандарту якості D-2, затвердженим Міжнародною морською організацією. В межах виконання державного наукового проекту №0124U004399, що фінансується Міністерством освіти і науки України, науковим колективом Дунайського інституту Національного університету "Одеська морська академія" розроблено та апробовано інноваційну технологію обробки судових баластних вод. У галузі сучасного мореплавства баластна вода виступає ключовим фактором підтримки стабільності та безпеки експлуатації суден. Проте наявність у ній численних морських організмів спричиняє серйозні виклики, що мають багатовимірний характер – від загроз екологічній рівновазі до економічних збитків та ризиків санітарно-епідеміологічного характеру. Переміщення баластних вод між різними географічними локаціями зумовлює інвазію нехарактерних мікроорганізмів у нові екосистеми. Це явище несе потенційну загрозу деструкції локальної біоти та може спровокувати суттєві економічні втрати для приморських регіонів. Створена експериментальна установка реалізує комплексний підхід до очищення баластних вод шляхом послідовного застосування хімічних, іонізаційних та механічних методів обробки. Ключовим завданням є створення автоматизованої системи керування експериментальним устаткуванням для

обробки баластних вод морського походження. Система має забезпечувати прецизійний моніторинг технологічних параметрів та оптимізувати проведення лабораторних випробувань, підвищуючи їх результативність. Розроблена багатофункціональна система управління водним баластом призначена для великотоннажних морських суден та повністю відповідає вимогам стандарту D-2. Експериментальні дослідження підтвердили високу ефективність запропонованої технології у знищенні патогенних мікроорганізмів та очищенні баластних вод, що документально підтверджено результатами лабораторних випробувань. Наразі система проходить процедуру типового схвалення та сертифікації відповідно до міжнародних стандартів.

Андрій МАЦ

Олена МІТРЯСОВА, докторка педагогічних наук

Віктор СМІРНОВ, кандидат геологічних наук

Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Україна

ЗАСОБИ GOOGLE EARTH ENGINE ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ГІДРОЕКОСИСТЕМИ

Моніторингові дослідження водних об'єктів є актуальними для вчасного виявлення змін у їх екологічному стані та запобігання негативним наслідкам для довкілля та здоров'я людей. Вони забезпечують дані для оцінки впливу кліматичних і антропогенних чинників на якість води, дозволяючи вчасно реагувати на потенційні загрози. Використання індексів, таких як BLUE і GREEN, через Інтернет платформу Google Earth Engine (GEE), є актуальним для оцінки якості вод, оскільки вони надають оперативну інформацію про прозорість, забруднення та біологічну активність у водоймах. Ці індекси дозволяють швидко виявляти зміни у стані водних об'єктів, спричинені кліматичними чи антропогенними факторами. Вони також є важливими інструментами для моніторингу та прийняття рішень щодо збереження водних ресурсів.

Дані досліджень індексу BLUE (синього каналу) з 1984 по 2024 роки Бузького лиману у точці спостережень (46.975073, 31.949205), вказують на такі закономірності: високі значення можуть вказувати на наявність чистої води або атмосферних явищ, таких як туман або дим; низькі значення можуть вказувати на наявність забруднення води, водоростей, мулу або високий рівень домішок у воді, що знижує прозорість та відбивання синього світла; спостерігається загальне зниження індексу BLUE з часом, це може свідчити про поступове погіршення якості води, накопичення забруднень або зростання водоростей.

Отримано GREEN індекс. Високі значення GREEN (1992 рік, 0,077) вказують на активну та здорову рослинність. Низькі значення GREEN (2015 рік, 0,026) свідчать про поганий стан рослинності або про наявність неживих об'єктів, таких як забруднені території.

Загалом, BLUE і GREEN-індекси є дієвими інтегрованими показниками екологічного стану водного об'єкту. Загальне зниження значень індексів BLUE і GREEN з 1984 до 2024 рр. вказує на поступове погіршення якості води за рахунок збільшення забруднення і ерозійних процесів. Означені зміни можуть бути

результатом антропогенного впливу, зокрема промислових викидів, урбанізації, забудови прибережної зони, а також наслідком змін клімату.

Артем МАКСИМЕНКО

Ірина КЛІМОВА, кандидатка технічних наук

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

АКУСТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МАТЕРІАЛІВ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В КОНСТРУКЦІЯХ ШУМОЗАХИСНИХ ЕКРАНІВ

Основною метою використання шумозахисних екранів є зниження рівня звукового тиску в нормованих зонах, які знаходяться від впливом прямого звуку джерела (інженерне устаткування, шум транспорту, авіаційний шум тощо). До таких зон можуть відноситись: робочі місця в промислових та виробничих приміщеннях, робочі місця та зони громадського користування в адміністративних приміщеннях, приміщення житлових будівель, приміщення навчальних закладів, а також території, що безпосередньо прилягають до різних типів будівель і споруд.

Конструкція, форма та розміри шумозахисного екрану залежать від акустичних характеристик джерела шуму, його розташування по відношенню до нормованих зон та за результатами акустичного розрахунку.

Конфігурація екранів (форма, розміри) може бути пласкої форми (лінія в плані) або складної форми (П, О, Г-подібними в плані). Використання екранів складної форми є більш ефективним, з акустичної точки зору, і, зазвичай, використовується для захисту від шуму інженерного обладнання. Шумозахисні екрани пласкої форми зазвичай використовуються для зниження рівня шуму, що генерується транспортом. Ефективність зниження рівня шуму кожною конфігурацією екрану визначається розрахунковими методами.

З точки зору акустики, матеріали у складі шумозахисного екрану повинні мати звукопоглинальні та звукоізоляційні властивості. Звукопоглинальний матеріал – це різні види волокнистих та пористих матеріалів з наскрізною пористістю. Основна задача звукопоглинальних матеріалів – це зниження амплітуди відбитої (від цього матеріалу) звукової хвилі через перетворення механічного явища (звукова хвиля) в теплове (перетворення звукової енергії в тепло в результаті в'язкого тертя). Великою, що характеризує звукопоглинальні властивості матеріалу – є коефіцієнт звукопоглинання (від 0 до 1). До ефективних звукопоглинальних матеріалів відносять: вироби з мінерального, скляного штапельного, базальтового волокна без органічних в'язучих, вироби з мінеральної вати, скляного штапельного волокна, базальтового волокна на синтетичному в'язучому. Коефіцієнт звукопоглинання цих матеріалів варіюється від 0,2 до 0,95. Товщина звукопоглинального шару в конструкції шумозахисного екрану має бути не меншою ніж 50 мм. Звукоізоляційні властивості матеріалу – це можливість зниження амплітуди звукової хвилі, що пройшла через цей матеріал. Значення звукоізоляції повітряного шуму шумозахисним екраном має бути вищим на 15 дБ від необхідної акустичної ефективності. Найбільш розповсюдженою комбінацією матеріалів з звукопоглинальними і звукоізоляційними властивостями є така конструкція шумозахисного екрану: звукопоглинальний

шар(звукопоглинальна мінеральна вата товщиною ≥ 50 мм) зі сторони джерела шуму і шар листового матеріалу зі сторони нормованої зони.

Вікторія САХНОВСЬКА

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

СИСТЕМНА МОДЕЛЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ МУНІЦИПАЛЬНИХ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ

У воєнний час забезпечення екологічної безпеки систем водовідведення стає критично важливим через загрози для інфраструктури та екосистем. Для підвищення безпеки необхідно впроваджувати системи моніторингу та захисту, розробляти альтернативні сценарії скиду стічних вод, контролювати якість води та управління відходами, а також співпрацювати з міжнародними організаціями для залучення експертів і ресурсів. Крім того для ефективного управління водними ресурсами та зменшення екологічних ризиків є інтегрувати положення щодо захисту інфраструктури з регулюванням моніторингу якості води в умовах конфлікту та адаптація законодавства у сфері водовідведення на час військових дій, що в свою чергу може передбачати впровадження тимчасових нормативних актів, що забезпечують оперативну реакцію на зміни в експлуатації систем, а також розширення повноважень органів місцевого самоврядування для швидкого реагування на екологічні загрози. Таким чином, необхідно застосування комплексного підходу до управління системи водовідведення водними ресурсами.

Концепція підвищення ефективності систем водопостачання і водовідведення визначається комплексним програмно-цільовим підходом до рішення взаємозв'язаних проблем національного рівня (організаційних, економічних, правових та екологічних) і конкретних технологічних і технічних завдань проектування, будівництва й експлуатації, направлених на впровадження сучасних енерго- і водозберігаючих, природоохоронних технологій й устаткування.

При формуванні стратегії підвищення екологічної безпеки об'єктів водопостачання та каналізації важливо розробити системну модель «Система муніципального водопостачання та водовідведення», яка враховує широкий спектр чинників, що на перший погляд можуть бути незв'язаними, але здатні безпосередньо або опосередковано впливати на тривалість експлуатації кожного елемента системи, а також на їх здатність виконувати відповідні санітарні та екологічні функції. Виходячи з цього, координуючим вектором запропонованої моделі є використання інтегральних показників стану елементів системи. Для оцінки екологічної безпеки пропонується системна модель, в якій реалізується ієрархічна логіко-математична структура для класифікації безпеки стану муніципальної системи водопостачання та господарсько-побутової каналізації, яка складається з семи підсистем: «Джерело», «Водопровідні очисні споруди», «Водопровідна мережа», «Вузол розбирання води», «Вузол приймання стоків», «Каналізаційна мережа», «Каналізаційні очисні споруди». Стан кожної підсистеми оцінюється за найгіршим значенням показників цієї підсистеми, в залежності від

чого розроблюється цикл заходів з підвищення надійності їх роботи та забезпечення екологічної безпеки. Повна оцінка екологічної безпеки систем водопостачання та водовідведення здійснюється за допомогою комплексного екологічного індексу.

Запропонована системна модель забезпечує можливість оперативної ідентифікації ризиків, пов'язаних із функціонуванням різних елементів інфраструктури, особливо під час військових дій. Завдяки аналізу інтегральних показників стану підсистем, модель дозволяє виявити потенційні загрози, що можуть негативно вплинути на якість води та безпеку населення. На основі отриманих даних формуються обґрунтовані заходи для управління ризиками, що включають запобіжні стратегії, аварійні плани та оптимізацію експлуатаційних процесів, що сприяє підвищенню надійності та екологічної безпеки системи в умовах кризових ситуацій.

Сергій КОЖЕВНИКОВ

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ГОЛОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ ПВХ РЕСАЙКЛІНГУ

Аналіз Європейського та світового досвіду. Основні тенденції та інновації виробників ПВХ профілю по зменшенню викидів CO₂ та впровадженню біо-технологій.

Полівінілхлорид (ПВХ) є одним із найважливіших матеріалів у сучасній промисловості та будівництві. Однак питання утилізації та ресайклінгу ПВХ стає дедалі актуальнішим у світлі екологічних викликів, пов'язаних із забрудненням і вичерпанням природних ресурсів. Вивчення та впровадження ефективних практик ресайклінгу цього матеріалу є важливим кроком до створення стійкої та екологічно безпечної індустрії.

Європа активно розвиває практики ресайклінгу ПВХ, збільшуючи обсяги вторинного ПВХ у виробництві та дотримуючись директив, спрямованих на скорочення відходів і повторне використання матеріалів. У деяких країнах ЄС реалізуються успішні програми ресайклінгу, що є прикладами для наслідування. Європейські ініціативи сприяють зростанню обізнаності про необхідність ресайклінгу та підтримують компанії, які прагнуть скоротити екологічний слід.

Крім Європи, у США та країнах Азії застосовують інноваційні підходи до переробки та повторного використання ПВХ. Промислові компанії тісно співпрацюють з урядами, щоб створити умови для ефективного ресайклінгу. Ця взаємодія сприяє впровадженню новітніх технологій, які допомагають розвивати індустрію ПВХ, зменшуючи її вплив на довкілля.

Сучасні виробники профілів ПВХ працюють над зниженням викидів CO₂ через удосконалення виробничих технологій. Використання вторинних матеріалів і розробка нових формул для ПВХ дозволяють знизити екологічний слід. Деякі компанії також інтегрують біо-технології, використовуючи біопластифікатори, що робить виробництво більш екологічним.

Наразі розробляються нові методи обробки ПВХ, які знижують енергетичні витрати, а також модульні системи, що спрощують демонтаж і повторне

використання матеріалів. Різні компанії активно патентують нові технології та матеріали, які зменшують екологічний слід і сприяють стійкому розвитку галузі.

Ресайклінг ПВХ є важливим кроком на шляху до екологічно стійкого майбутнього. Інтеграція сучасних інновацій та співпраця між науковими колами, виробниками й урядами можуть суттєво прискорити цей процес, сприяючи збереженню довкілля та сталому розвитку індустрії.

Тетяна ТКАЧЕНКО, докторка технічних наук

Софія БУГАЙОВА,

Христина ДЯЧЕНКО

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ПРОБЛЕМА ПЛАСТИКОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

Людство щорічно виробляє 57 млн.т. пластикового забруднення, яке виявляється повсюдно: у глибинах океану, у найвищих горах, у людському організмі. Під пластиковим забрудненням розуміють пластик, який потрапляє у відкрите середовище, а не утилізується на звалищах чи спалюється. Цим обсягом пластику можна заповнити весь Центральний парк Нью-Йорка на висоту хмарочоса Емпайр Стейт-Білдинг. Джерелом понад дві третини цього забруднення є країни, що розвиваються.

Ця проблема особливо помітна в Південно-Східній Азії та країнах Африки на південь від Сахари, які виробляють найбільший обсяг пластикового сміття. Найбільше пластикового забруднення створює Індія – 10,2 млн.т., потім ідуть Нігерія, Індонезія та Китай. Сильно забруднюють довкілля Пакистан, Бангладеш, росія та Бразилія. На ці вісім країн припадає більше половини пластикового забруднення світу.

Список міст, що генерують найбільший обсяг пластикового забруднення, очолює Лагос (Нігерія). За ним ідуть Делі (Індія), Луанда (Ангола), Карачі (Пакистан) та Каїр (Єгипет).

Щороку понад 8 млн.т. пластику потрапляє до океану, загрожуючи морському життю та екосистемам. Якщо поточні тенденції збережуться, очікується, що до 2040 р. щорічне забруднення океану пластиком досягне 29 млн.т.

Пластикове забруднення негативно позначається на дикій природі, середовищі проживання диких тварин і людей. Коли пластикові предмети та вироби опиняються у навколишньому середовищі, вони починають розкладатися та виділяють багато токсичних речовин, які отруюють ґрунт, воду та повітря, потрапляють у їжу тварин, птахів та риб, вбиваючи їх. У середньому період розкладання пластику становить від 20 до 500 років.

Пластикове забруднення навіть проникло в наш харчовий ланцюг. Люди споживають близько п'яти грамів пластику на тиждень, що приблизно еквівалентно кришці пляшки.

Якщо ж пластик починають спалювати на відкритому повітрі, утворюються парникові гази, а також виділяються тверді частинки, діоксини та інші забруднювачі, що викликають у людей рак, респіраторні захворювання, нервові

розлади та вроджені дефекти. Такі викиди можуть завдати непоправної шкоди здоров'ю.

Виробництво пластику робить значний внесок у викиди парникових газів. На його частку припадає 232 млн. т. парникових газів щорічно, і до 2030 року це значення перевершить викиди вугільних електростанцій.

Наприклад, забруднення пластиком відбувається при демонтуванні оздоблення та рекламної продукції, закріпленої пластиковими затяжними хомутами. Авторам відомі випадки, коли в курортній прибережній зоні після закінчення сезону електрики знімали ілюмінацію та викидали пластикові затяжні хомути безпосередньо в море, що особливо небезпечно для риби.

Виходом із ситуації є реформа утилізації відходів, зокрема правильна утилізація виробів з пластиком (вікна/двері, обладнання). перехід на циркулярну економіку, заборона використання пластикових пакетів і тари, виробництво та використання біотехнологій, що замінюють пластик.

Тетяна ТКАЧЕНКО, докторка технічних наук

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

Ірина ПЕТЧЕНКО

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

СП «ОСНОВА-СОЛСИФ», Україна

РОЛЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ В УПРАВЛІННІ РИЗИКАМИ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЦЕСІВ

Інтелектуальні системи управління ризиками в сучасному будівництві стають незамінними інструментами, що дозволяють значно підвищити безпеку праці на робочих місцях та ефективність виробничих процесів. Їх використання є особливо важливим у будівельній сфері, де висока динаміка виробництва та складні умови праці створюють підвищені ризики для працівників. Застосування циклу PDCA (Plan-Do-Check-Act) в поєднанні з автоматизацією процесів у будівництві дозволяє знизити рівень виробничого травматизму та сприяє зниженню витрат на усунення аварійних ситуацій. Цикл є ефективним інструментом для постійного удосконалення процесів та мінімізації ризиків на кожному з етапів. На етапі планування (Plan) встановлюються конкретні цілі та визначаються потенційні ризики; етап виконання (Do) передбачає реалізацію запланованих заходів; етап перевірки (Check) включає оцінку результатів та контроль за додержанням плану; на етапі дії (Act) розроблюються та реалізуються необхідні вдосконалення при наступних проектах будівництва.

Розглянемо приклади інтелектуальних систем на кожному з етапів циклу. На етапі планування (Plan) використовують 3D проектування, що називається Building Information Modeling (BIM) (Інформаційне моделювання будівель). BIM дозволяє створювати детальні цифрові моделі, що включають усі можливі сторони будівельного процесу, допомагаючи архітекторам та інженерам в ідентифікації та усуненні потенційних ризиків ще на етапі проектування. BIM широко застосовується в країнах Європейського Союзу (Німеччина, Великобританія) як

ефективний інструмент для підвищення якості проектування та безпеки на будівництві.

У Нідерландах, Німеччині, Великобританії при виконанні (Do) інфраструктурних та індустріальних проектів (мости, дороги, промисловість) застосовують Digital Twins (цифрові двійники), а саме створення цифрової копії фізичного об'єкту, яка на основі реальних даних відображає та дозволяє здійснювати моніторинг, аналіз і прогнозування фізичного об'єкта, а також виявляти можливі ризики та вчасно впливати на них.

У Німеччині для будівельних майданчиків на етапі перевірки (Check) активно впроваджуються та використовуються системи моніторингу на основі Internet of Things (далі IoT), яка за допомогою датчиків та програмного забезпечення дозволяє відслідковувати стан обладнання та умови навколишнього середовища в реальному часі, забезпечуючи своєчасне реагування на потенційні небезпеки та ризики, підвищуючи рівень безпеки працівників, ефективність управління будівництвом завдяки отриманню повної картини.

На заключному етапі дії (Act), наприклад, у Нідерландах, Китаї, США використовують систему автоматизованих звітів та рекомендації. Все це дозволяє зібрати дані про технічний стан обладнання, інформацію щодо впроваджених заходів безпеки під час будівництва та зробити аналіз стану обладнання після його завершення; оцінити ефективність запропонованих заходів, а також запропонувати рекомендації щодо вдосконалення системи.

Висновок: інтегрування в цикл PDCA інтелектуальних систем допомагає удосконалити процеси будівництва, мінімізувати ризики та поліпшити умови праці на кожному з етапів виконання робіт.

Тетяна ТКАЧЕНКО, докторка технічних наук

Катерина МАТВІЙЧУК

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНА ПОБУТОВА АЛЬТЕРНАТИВА

У побуті процеси нарізання овочів, фруктів, м'яса і риби виконують на спеціальних обробних дошках. Вважалося, що обробні дошки з дерева є більш екологічними та безпечними для здоров'я порівняно з пластиковими чи гумовими. Але, згідно з результатами наукових досліджень, дерев'яні дошки в щілинах мають шкідливі бактерії, які розмножуються внаслідок процесу їхнього щоденного використання. Також дерево деформується внаслідок потрапляння вологи, а іноді через надмірне зволоження, на них з'являється цвіль. Пластикові дошки більше зношують леза ножів. При використанні цих дошок, мікрочастинки пластику з їжею потрапляють до організму людини, внаслідок чого відбувається поступове отруєння пестицидами та бісфенолом, що містяться у часточках пластику.

Шляхом до вирішення проблеми є використання нових технологій, що не несуть шкоди людському організму. Одним з варіантів є застосування натуральної гуми з самовідновлювальними властивостями.

Самовідновлювальна натуральна гума – матеріал, який поєднує властивості натуральної гуми з можливістю автоматичного відновлення після

пошкоджень. На сьогодні до складу цієї гуми входять шкідливі речовини, які при заміні на органічні – зроблять її безпечною для використання.

Технологічні переваги:

- Біорозкладність (за наявності у складі органічних речовин, розкладання такої дошки буде відбуватися до 5 років)
- Відсутність латексу, який викликає алергічні реакції (натомість замість латексу використовується поліізопрен)
- Здатність до самовідновлення - відновлює щілини, що забезпечує відсутність розмноження бактерій.
- Самовідновлювана поверхня дошки є антибактеріальною, що робить її гігієнічною.

Поліізопрен – полімер, який складається з повторюваних одиниць ізопрену. Це основний компонент природного каучуку. Він має лінійну структуру з повторюваними одиницями цис-ізопрену, що надає йому еластичність і міцність, високу зносостійкість і задовільні механічні властивості. *Синтетичний поліізопрен є гіпоалергенним.*

За самовідновлювальні властивості відповідати у такій гумі можуть сульфідні та дисульфідні зв'язки (у процесах вулканізації гуми). Сульфідні та дисульфідні зв'язки є хімічними структурами які зустрічаються навіть у структурах білків. У гумі вони є частиною полімерної матриці, а отже шкоди людині не заподіють (окрім деяких сполук сірки, які не бажано використовувати при створенні дощечки з самовідновлювальної натуральної гуми).

Для безпечного використання бажано: використовувати біопластифікатори, біобазовані масла, натуральні антиоксиданти, біополімери, синтетичні гіпоалергенні каучуки.

- Біопластифікатори: епоксидовані соєві олії, цитратні ефіри, поліетеленгліколь, сорбітол, тригліцериди (потребує досліджень);
- Біобазовані масла: рицинова олія, кокосова олія (потребує досліджень);
- Натуральні антиоксиданти: вітамін С, вітамін Е, бета-каротин, селен, поліфеноли;
- Біополімери: целюлоза, крохмаль, полілактид, полігідроксіалканоати, хітозан;
- Синтетичні гіпоалергенні каучуки: поліізопрен, нітриловий каучук.

Тетяна КРИВОМАЗ, докторка технічних наук

Роман ГАМОЦЬКИЙ

Ігор ІЛЬЧЕНКО

Артем ЦИБА

Київський національний університет будівництва та архітектури, Україна

ДИВЕРСИФІКАЦІЯ РИЗИКІВ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БАГАТОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ В УМОВАХ ВІЙНИ

Війна в Україні суттєво вплинула на енергетичну інфраструктуру країни, спричинивши масові відключення електроенергії та збільшивши ризик збоїв у постачанні електроенергії. Ворог здійснює цілеспрямовані та масштабні атаки на об'єкти, що забезпечують виробництво, передачу та розподіл електроенергії. Оцінка загальної суми збитків для цих об'єктів наближається до \$8 млрд.

Особливо вразливими стали житлові багатоповерхівки, в яких проживає значна частина міського населення, де тривале відключення електроенергії має катастрофічні наслідки, позбавляючи мирних жителів електроенергії, опалення та водопостачання. Таким чином особливої актуальності в умовах війни набуває диверсифікація джерел постачання енергії для пом'якшення ризиків та збереження життя.

Для забезпечення надійності та стійкості енергопостачання багатоповерхових житлових будинків можна використати кілька стратегій диверсифікації, що враховують різноманіття зовнішніх енергопостачальників, генерацію на місці, зберігання енергії та керування попитом. Використання кількох зовнішніх джерел електропостачання може забезпечити безперервність живлення, стійкість до збоїв, економічну гнучкість вибору постачальника, але під час війни ця система продемонструвала свою вразливість.

Використання відновлюваних джерел та локальних джерел автономного енергозабезпечення підвищує енергетична незалежність та екологічність. Водночас встановлення сонячних панелей, теплових насосів та вітрових турбін потребує значних початкових витрат на встановлення, спеціалізоване технічне обслуговування та значно обмежене щільністю забудови.

Впровадження систем накопичення для збереження надлишкової енергії та її використання під час пікових навантажень знижує потреби в постійному зовнішньому енергопостачанні та забезпечує резерв на випадок аварійних ситуацій. Проте існують певні обмеження щодо тривалості зберігання енергії та деградації батарей з часом.

Використання технологій керування попитом знижує енергоспоживання в пікові години, зменшує витрати на електроенергію, оптимізує використання енергії, підтримує екологічну стабільність. Однак для цього необхідна розвинута "розумна" мережа та згода всіх мешканців на можливі тимчасові обмеження споживання енергії.

Оптимальне енергозабезпечення для багатоповерхового житлового будинку досягається за допомогою різних стратегій та їх поєднання, що враховують особливості інфраструктури, кліматичні умови та потреби мешканців. Під час стабільного зовнішнього енергопостачання можна знизити використання генерації на місці, але за умов кризових ситуацій локальна генерація може стати основним джерелом енергії. Локальне виробництво енергії (сонячні панелі, вітряки) з можливістю зберігання в акумуляторах дозволяє оптимально використовувати власні ресурси та мінімізувати залежність від зовнішніх постачальників. Система накопичення енергії з інтелектуальним управлінням дозволяє уникнути пікових навантажень і оптимально використовувати доступну енергію, що особливо важливо для житлових комплексів з високим попитом. Такі стратегії підвищують енергонезалежність, економічну ефективність та надійність енергопостачання.

Фундаментальні та прикладні наукові дослідження. Ефективність.
Новітнє проектування та експлуатація

Борис БАСОК, доктор технічних наук

Олександр НЕДБАЙЛО, доктор технічних наук

Інститут технічної теплофізики НАН України

СТІЙКІСТЬ СВІТЛОПРОЗОРИХ КОНСТРУКЦІЙ ДО ВПЛИВУ ВИБУХУ

В умовах дії воєнного стану в Україні важливим є технічний захист об'єктів критичної та соціальної інфраструктури, а також житлового фонду від пошкоджень і руйнувань внаслідок навмисних воєнних ударів, актів тероризму, злочинної діяльності тощо. Під час відбудови житлово-комунального господарства в повоєнний час нагальним має бути врахування вимог щодо підвищення норм безпеки для осіб, які перебувають у приміщеннях різного призначення. Чинні нормативні акти з проектування в будівництві зазвичай обмежуються використанням в сейсмоактивних зонах і не враховують відповідні загрози, що актуальні для воєнних дій і випадків тероризму. Запровадження обґрунтованих змін у регуляторній документації має підтримувати стійкість будівель та інфраструктури до вибухових інцидентів.

Для розроблення заходів щодо захисту об'єктів житлово-комунального господарства та інфраструктури від руйнівного впливу ударних хвиль від вибухів потрібні методи кількісної оцінки стійкості елементів конструкції до ударного навантаження та рівня небезпеки, що виникає внаслідок руйнування конструкцій. Сучасними підходами до досліджень у цьому напрямі є числові методи розрахунку параметрів механічних напружень в огорожувальних (в т.ч. світлопрозорих) конструкціях або натурні випробування (експерименти).

Для того, щоб розробити критерії визначення конструктивних характеристик, а згодом і критерії випробувань для вибухостійкого скління, необхідно визначити фактори, що слід враховувати під впливом вибуху.

Окрім системних досліджень руйнівного впливу вибухів під час ведення воєнних дій також актуальною є потреба в розробленні вибухостійкого скла для захисту від випадкових аварійних газових або нафтохімічних вибухів. Однак у цьому випадку вибухові хвилі матимуть значно нижчий тиск і більшу тривалість, ніж вибухові хвилі від фугасних подій. Вибухові навантаження найчастіше прийнято розглядати як похідні екзотермічних реакцій, що відбуваються наслідок детонації, втім ударні хвилі в повітрі можуть виникати також у результаті розриву посудин під тиском і високої швидкості розповсюдження фронту полум'я під час згоряння.

Експериментальні методи використовуються у дослідженнях структурної реакції будівельних елементів. Вплив детонації на великій відстані (вибухове навантаження) можна проаналізувати за допомогою випробувань ударною трубою або за допомогою натурних детонаційних експериментів. При цьому розрізняються різні сценарії навантаження, оскільки для конструкції можуть виникнути руйнівні наслідки та мати місце різні пошкодження. Контактні детонації характеризуються високим тиском, що навантажує структуру лише на

мікросекунди. Вплив на структуру є локальним. Активується руйнування при зсуві та продавлюванні, що, залежно від міцності та пластичності навантаженого матеріалу, призводить до фрагментації як з боку навантаження, так і з тильної сторони конструкції. Вибухове навантаження призводить до навантаження повної або значної площі конструкції. Це призводить до глобальної структурної реакції, наприклад до пошкодження через вигин.

При цьому репрезентуються типові характеристики ударної хвилі. Вибухове навантаження характеризується через ударний фронт на початку навантаження з подальшим експоненціальним спаданням у позитивній фазі, за якою слідує негативна фаза. Високочастотні коливання, показані в динаміці тиску від часу, є наслідком високої власної частоти коливань датчика тиску, що використовувався. Крім того, обрана відповідна висока частота дискретизації значень для отримання високоточних результатів.

Для цілей сертифікації характеристик віконних конструкцій зазвичай потрібен сценарій навантаження, який включає значення щодо тиску відбиття та імпульсу під час тривалості позитивної фази. Що стосується випробування, це означає, що бажані значення щодо показників міцності за відсутності руйнувань світлопрозорої конструкції повинні бути перевищені для зразка в місці його розташування.

Числовий аналіз можна використовувати для прогнозування поведінки скла під впливом вибухової хвилі. Це числове моделювання не може замінити експериментальні випробування, але їх можна використовувати при плануванні випробувань, для прогнозування експериментальних результатів і проведення параметричних досліджень шляхом зміни, наприклад, граничних умов, геометрії структури, властивостей матеріалу та даних про вибухові речовини.

Григорій КРАСНЯНСЬКИЙ, кандидат фізико-математичних наук

Ірина АЗНАУРЯН

Максим ДОВГАНОВСЬКИЙ

Олег БЕСАРАБ

Вадим ОХРИСЬКО

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКРАНУВАННЯ ІНФРАЧЕРВОНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ СКЛОТКАНИНОЮ

Актуальність дослідження і впровадження матеріалів для блокування інфрачервоного випромінювання в теперішній час не викликає сумнівів. В умовах війни існує нагальна потреба в матеріалах, які ускладнюють виявлення об'єктів детекторами інфрачервоного випромінювання. При чому, крім прийнятних за властивостями, ці матеріали повинні бути простими у виготовленні і мати невелику собівартість.

В роботі в якості матеріалу, що екранує теплове випромінювання, пропонується склотканина. Цей вибір зумовлений її низькою теплопровідністю та значним поглинанням інфрачервоного випромінювання в області спектру 8 – 14 мкм, яка є робочим діапазоном більшості телевізорів. Дійсно, до хімічного складу

скловолокна з Е-скла, яке використовується для виготовлення склотканини, що пропонується як екрануючий матеріал, входить, зокрема 53 – 55% SiO₂, 17 – 21% CaO, 5 – 10% B₂O₃. Частоти коливань зв'язків Si-O перекривають практично весь діапазон від 600 до 1100 см⁻¹; зв'язків Ca-O – знаходяться в діапазоні 700 – 1400 см⁻¹; B-O відповідно 1300 – 1400 см⁻¹. Це обумовлює наявність інтенсивних смуг поглинання в області довжин хвиль, які нас цікавлять.

Було проведено теоретичну оцінку ефективності екранування інфрачервоного випромінювання матеріалом. Вважалося, що перенесення тепла матеріалом відбувається переважно випромінюванням, що обумовлено низькою теплопровідністю склотканини ($\lambda \sim 10^{-2}$ Вт/мК). Припускалося, що екрануючий матеріал є сірим середовищем, що знаходиться між двома сірими і дифузними плоско-паралельними поверхнями. Такі припущення можна застосовувати для отримання оціночних співвідношень, оскільки інфрачервоний спектр поглинання скловолокна з Е-скла практично суцільний в діапазоні 8 – 14 мкм.

Розглядали одномірне перенесення випромінювання вздовж осі, що є перпендикулярною до матеріалу. Враховували, що, поряд із зменшенням інтенсивності випромінювання внаслідок поглинання, відбувається її збільшення, зумовлене власним випромінюванням. Вважали, що виконуються умови локальної термодинамічної рівноваги. В якості першого наближення для розподілу температури T в матеріалі використовували лінійну залежність T^4 від координати, яка має місце у випадку оптично щільного середовища.

В результаті отримані вирази, які дозволяють оцінити температуру зовнішньої поверхні екрануючого матеріалу при відомій температурі внутрішньої поверхні і термічний опір теплопередачі в залежності від коефіцієнту поглинання випромінювання і товщини матеріалу.

Віталій ТАРАСЕВИЧ, кандидат технічних наук

Олександр ГРИГОРЧУК, кандидат педагогічних наук

Дар'я ТАНАСІЄНКО

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

КОРОЗИЙНОСТІЙКИЙ ОБЛИЦЮВАЛЬНИЙ МАТЕРІАЛ З СІРКОГІПСОВОГО КОМПОЗИТУ ВИГОТОВЛЕНИЙ З ВИКОРИСТАННЯМ СІРКОВМІЩУЮЧИХ ВІДХОДІВ

Сьогодні особливе значення має впровадження в промислове будівництво прогресивних і економічних матеріалів, які виготовлені з відходів промисловості чи місцевої сировини по енергозберігаючим технологіям.

Перспективним напрямком вирішення цих завдань є створення високоміцних і водостійких будівельних матеріалів на основі гіпсових в'яжучих, модифікованих хімічними речовинами й промисловими відходами.

Гіпсові в'яжучі найефективніші за техніко-економічними показниками, особливо щодо витрати сировини, палива, електроенергії та праці на одиницю продукції. Завдяки великим запасам гіпсової сировини в Україні та низькій собівартості гіпсові в'яжучі знаходять широке застосування в будівництві. Однак,

на сьогодні використання гіпсових в'язучих обмежене низькою водостійкістю виробів з них.

Ефективним способом підвищення водостійкості й покращення інших будівельно-технічних властивостей капілярно-пористих будівельних матеріалів, зокрема й на основі гіпсу, є їх просочення речовинами, здатними тверднути в поровому просторі цих матеріалів, що сприяє ущільненню структури і перешкоджає проникненню в них вологи.

Оптимальною просочувальною речовиною для модифікації гіпсобетонів є сірка, оскільки її розплав має ефективні просочувальні властивості, сильну адгезію до різних мінеральних наповнювачів і високу хімічну стійкість у різних агресивних середовищах. Крім того в Україні є великі поклади природньої сірки, а також велика кількість сірки, яка утворюється при очищенні природнього газу та топкових газів промислових підприємств і ТЕЦ.

В якості наповнювача використовували золу-винесення Ладижинської ТЕС. Відомо, що зола є ефективною добавкою до гіпсових в'язучих. У той ж час, сірка має сильну адгезію до частинок золи й гіпсу. Для зниження в'язкості розплаву сірки й підвищення вогнестійкості до нього можна вносити різні добавки комплексної дії (стирол, дициклопентадієн та ін.).

У результаті проведених досліджень встановлено, що міцність просочених зразків підвищується із збільшенням ступеня заповнення порового простору сіркою. Так, при збільшенні відносного сірковмісту ($v = U_s/U_{smax}$) від 0,30 до 0,90 межа міцності при стиску підвищується від 10,1 до 42 МПа.

З метою визначення області раціонального використання виробів із композиційного матеріалу на основі гіпсу, золи й сірки в будівництві були проведені дослідження їхньої водостійкості й хімічної стійкості.

Аналіз даних показує, що водостійкість просочених зразків істотно залежить від ступеня просочення і кількості золи-виносу. Так, при частковому просоченні гіпсових зразків коефіцієнт водостійкості складає 0,50, у той час як при повній - 0,72. При збільшенні вмісту золи-виносу до 75% коефіцієнт водостійкості зростає до 0,88.

Встановлено, що гіпсові й гіпсозольні зразки, просочені розплавом сірки, мають коефіцієнт хімічної стійкості не менше 0,7. Це дозволяє віднести їх до хімічно стійких у цих середовищах.

Аналіз основних будівельно-технічних характеристик сіркогіпсового композиту показує, що облицювальні вироби, виготовлені з такого матеріалу, мають високі експлуатаційні характеристики і їх доцільно застосовувати для облицювання сховищ добрив, дренажних систем, підлог і стін тваринницьких комплексів, підприємств хімічної та харчової промисловості.

Наталія БУРДЕЙНА, доктор технічних наук

Ярослав ПІДЛІСНИЙ

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНИХ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ У ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЛЯХ ТА ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ЇХ ВПЛИВУ НА ЛЮДЕЙ

В умовах великої різноманітності електричного та електронного обладнання, яке використовується у виробничих та навчальних приміщеннях, визначити електромагнітну обстановку без проведення натурних вимірювань практично неможливо. Навіть за однакових електронавантажень у будівлях загальні значення електричних, магнітних та електромагнітних полів можуть суттєво відрізнятися. З'ясовано, що це пояснюється, у першу чергу, генерацією вищих гармонік промислової частоти. Наявність великої кількості споживачів з нелінійними вольт-амперними характеристиками, більше 20 %, автоматично призводить до появи у нульовому робочому провіднику гармонік, кратним трьом у трифазній мережі. Певним чином це може бути наслідком відхилення від синусоїдальності напруги, що надходить у будівлю. Крім того, у будівлях старої забудови можуть нештатно працювати конденсаторні блоки компенсації реактивної, (індуктивної) потужності. Встановлено, що різке підвищення фонових значень магнітного поля промислової частоти та її гармонік відбувається під час застосування резервних джерел електроживлення – електрогенераторів. У більшості з них амплітудно-частотні характеристики не відповідають чинним нормативам у якості електроенергії. Складність вирішення проблеми підвищеного електричного та магнітного фону пояснюється відсутністю санітарних норм щодо гармонік промислової частоти. Контролю підлягають тільки частота 50 Гц та частоти вище 1000 Гц. Певним чином це обумовлене відсутністю атестованих приладів для визначення спектрального складу електричних та магнітних полів наднизької частоти. Частково вирішити таку проблему можливо за рахунок повного переходу будівель на систему організації заземлення по схемі TN-S.

На сьогодні розроблено багато пристроїв компенсації реактивної потужності в умовах наявності гармонік та інтергармонік промислової частоти. Їх загальним недоліком, принаймні для систем зі зворотними зв'язками є високі вартості. Тому доцільно розробити і випробувати у реальних умовах експлуатації максимально просту й ефективну систему компенсації реактивної потужності в умовах наявності у силовій мережі напруги (струмів) гармонік промислової частоти. Зниження рівнів електромагнітних полів ультрависоких і вищих частот можливе застосуванням внутрішніх та зовнішніх облицювань з малими коефіцієнтами відбиття електромагнітних хвиль. Необхідність такого заходу обумовлена підвищенням коефіцієнтів відбиття зі зростанням робочих частот усіх видів бездротового зв'язку.

Яна БІРУК, доктор філософії

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

Лариса ЗОЗУЛЯ

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Україна

Андрій КЛИМЧУК

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКРАНУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ НЕОДНОРІДНИМИ БУДІВЕЛЬНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

Головною проблемою забезпечення електромагнітної безпеки працюючих і населення є вартість заходів безпеки. Найбільш ефективним методом зниження рівнів електромагнітних полів і випромінювань є екранування. Але найбільш ефективні захисні матеріали – композити різного складу мають високу вартість і потребують нанесення на зовнішні або внутрішні поверхні будівель. Раціональним шляхом підвищення електромагнітної безпеки є надання захисних властивостей самим будівельним та облицювальним матеріалам. Досліджено залежність коефіцієнтів екранування електромагнітних випромінювань залізобетонними конструкціями у залежності від амплітудно-частотних характеристик випромінювання. Узагальнені співвідношення надають можливість оцінити ефективність конструкції з різними кроками і кількістю шарів арматури. Досліджено можливість екранування електромагнітних випромінювань цементобетонами з базальтовою арматурою. З'ясовано, що зниження рівнів електромагнітних випромінювань тільки за рахунок заломлення хвиль на неоднорідностях не дає суттєвого екрануючого ефекту. Базальтове волокно є перспективним армуючим матеріалом, але його застосування обмежене через деградацію волокна у лужному середовищі цементобетонів. Тому має сенс покриття базальту електропровідним матеріалом. Це надасть волокнам захисні властивості щодо екранування електромагнітних випромінювань та захистить їх від впливу лужного середовища. Такою субстанцією можуть бути стандартні фарби із вмістом графіту або сажі. За таких покриттів базальтові волокна можна розглядати як провідну регулярну структуру і використовувати математичний апарат для прогнозування захисних властивостей металевих неоднорідностей. Попередні дослідження довели високий рівень зчеплення полімерних фарб з домішками графіту з базальтом. Для отримання неоднорідних суцільних пласких матеріалів з функціями екранування електромагнітних випромінювань є карбонільне залізо. Експерименти довели, що за додавання карбонільного заліза дисперсністю 6–8 мкм у стандартну фарбу можливо отримати матеріали з коефіцієнтом відбиття електромагнітних хвиль надвисоких частот порядку 0,20–0,25, що краще відомих аналогів. При цьому загальний коефіцієнт екранування складає 0,8–0,9. Недоліком даного матеріалу є велика товщина – 5 мм. Для зниження товщини доцільно підвищити дисперсність карбонільного заліза або створити градієнт концентрації у товщі матеріалу. Це надасть можливість застосовувати композицію у якості електромагнітного камуфляжу.

Валентин ГЛИВА, доктор технічних наук

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

Сергій ЗОЗУЛЯ, кандидат технічних наук

Державний університет «Київський авіаційний інститут», Україна

Михайло КАШЛЕВ

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕКТРАЛЬНОГО СКЛАДУ ШУМУ БУДІВЕЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ТА РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ

Було виміряно рівні шуму найбільш поширеного обладнання яке використовується у будівництві. Визначено, що найбільші рівні звукового тиску у октавних смугах частот припадають на низькі частоти – до 300 Гц. При цьому присутність інфразвуку висока. Різниця показників шумометра за лінійною шкалою та шкалою корекції «А» складає 20 дБ і вище. Відомо, що захист від низькочастотного звуку й інфразвуку є складною задачею через високу проникність і мале просторове згасання низькочастотних хвиль. Зниження рівнів низькочастотного звуку й інфразвуку можливе, в основному, резонансними панелями. Панелі налаштовуються на частоту (частоти) коливань найбільшої амплітуди, або дві панелі налаштовуються на дві переважні частоти. Недоліком існуючого математичного апарату для визначення найбільшого звукопоглинання панелі є оперування такими показниками, як «загальне натягіння матеріалу», «згинна жорсткість», які не є довідковими величинами і повинні визначатися експериментально. Було вдосконалено розрахунковий апарат. У розрахунки закладалися дані щодо модуля Юнга, коефіцієнта Пуассона, густини, які є довідковими для усіх матеріалів. Це дозволило спростити процес проектування захисних панелей. Аналогічно було розроблено розрахунковий апарат для панелей з перфорацією. Це дозволяє знизити добротність коливальної системи і підвищити звукопоглинання на частотах більших та нижчих за резонансні. Показано, що найбільш ефективним способом зниження рівнів звуку середніх та високих частот є застосування пористих звукопоглинальних матеріалів. Відповідні рівняння є однофакторними. Для прогнозування захисних властивостей матеріалу необхідно визначити опір продування пористого матеріалу стандартним методом. Для підвищення шумозахисних властивостей матеріалів і конструкцій доцільно розглянути можливості виготовлення резонансної панелі з пористого тонкого матеріалу. Це надасть можливість знизити рівні шуму в усьому звуковому діапазоні та рівні інфразвуку.

Валентин ГЛИВА, доктор технічних наук

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

Лариса ЛЕВЧЕНКО, доктор технічних наук

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

Дмитро ОСАДЧИЙ

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНІВ МАГНІТНИХ ПОЛІВ ЕЛЕКТРОГЕНЕРАТОРІВ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЗАСОБІВ ЇХ ЗНИЖЕННЯ

Підприємства генерації електроенергії є об'єктами критичної інфраструктури, тому на робочих місцях персоналу необхідно створювати належні, принаймні нормативні, умови праці. Це стосується усіх підприємств, на яких функціонують турбогенератори. Крім обслуговуючого персоналу, на робочих місцях постійно перебувають співробітники щитів керування. На сьогодні відсутні дані щодо магнітних полів турбогенераторів. Наявні дані стосуються турбогенераторів ТРВ-100, ТГВ-150, які є застарілими. Але наведені дані свідчать, що напруженості магнітних полів навколо таких машин не є пропорційними їх миттєвим потужностям. Було виміряно напруженості магнітних полів навколо турбогенератора ТГВ-320. На момент вимірювань генератор працював з потужністю 280 МВт, що є номінальним для нього. З'ясовано, що з одного боку електричної машини напруженість магнітного поля змінюється від 3,2 кА/м до 1,8 кА/м за зміни відстані від 1 м до 5 м. З іншого боку машини спостерігається зміна напруженості магнітного поля з 3,2 кА/м до 1,5 кА/м. При цьому на відстані приблизно 3 м від корпусу машини напруженість магнітного поля складала 1,2–1,3 кА/м. Це можна пояснити різними закономірностями зниження рівнів магнітних полів просторових гармонік поля. Фактично це є зона мінімального поля і вона є найбільш прийнятною для пересування людей. Встановлено, що факт зниження, а потім підвищення рівня магнітного поля притаманний усім синхронним чотириполюсним електричним машинам. Але на відстані де розміщується щит керування машинної зали, приблизно 5–6 м від машини, напруженості магнітного поля перевищують нормативні 1,4 кА/м. Тому з боку електричної машини доцільно захистити робоче місце феромагнітним екраном. Для цього достатньо застосувати листову сталь марки 121.

Було виміряно значення магнітних полів біля шинопроводів. Робоча напруга 20 кВ, електричний струм – 2,8 кА. Встановлено, що на відстані 2 м від крайнього фазного дроту напруженість магнітного поля складає 1,6–1,7 кА/м. Таким чином, принаймні місток для пересування людей над шинопроводами слід екранувати. Оскільки магнітне поле промислової частоти є квазістаціонарним, ширина захисту повинна бути принаймні втричі більша за зону перебування і пересування людей.

Вадим ЛУЦЕНКО, кандидат технічних наук

Олександр ГРИГОРЧУК, кандидат педагогічних наук

Віталій ТАРАСЕВИЧ, кандидат технічних наук

Максим ВОЛЧКОВ

Олександр ХОДАКІВСЬКИЙ

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Останнім часом особливої актуальності набувають питання розробки енергоощадних заходів та технологій направлених на реалізацію тепло-технологічних процесів з мінімальними тепловими втратами, а також проведення модернізації будівель та споруд, що перебувають в експлуатаційному періоді з метою підвищення їх енергоефективності.

Особливе місце у вирішенні цих задач займає визначення та дослідження теплофізичних характеристик (ТФХ) будівельних, теплоізоляційних, облицювальних матеріалів, що вже використовуються або знаходяться на етапі розробки, основними з яких є теплопровідність, температуропровідність, теплоємність та теплова активність.

Таким чином, обґрунтованою і необхідною є розробка та впровадження вимірювальних пристроїв, що реалізують неруйнівні методи експериментального визначення ТФХ матеріалів, в основу яких покладено вимірювання температур без втрати цілісності зразків та експлуатаційних характеристик.

Найбільш повну інформацію про ТФХ матеріалів, що досліджуються, містить температурне поле, яке отримують як розв'язок крайових задач теплопровідності для визначених умов проведення конкретного теплофізичного експерименту. Відзначимо, що розробка математичних моделей теплових процесів в зразках, також потребує визначення в них температурного поля для різних видів теплової дії на їх поверхнях.

Для дослідження температурних полів в зразках будівельних матеріалів була розроблена та створена вимірювальна установка, яка складається з мікроконтролера ESP-32, цифрових датчиків температури DS18B20 та ПЕОМ. Датчики DS18B20 об'єднані в мережу 1-Wire, при цьому кількість задіяних датчиків може сягати 16. Використані цифрові термометри дозволяють проводити вимірювання в діапазоні температур від -55 до +125 °С, при цьому роздільна здатність може змінюватись програмно, а її найменше можливе значення для часу вимірювання 750мс складає 0,0625 °С.

Алгоритм роботи мікроконтролера ESP-32 полягає в циклічному опитуванні датчиків, формуванні з отриманих результатів пакету з наступною його передачею по інтерфейсу RS 232 на ЕОМ для їх подальшої обробки та зберігання.

Прикладне програмне забезпечення верхнього рівня розроблено засобами середовища MatLab. Розроблена керуюча програма забезпечує зчитування даних з регістрів COM-порту, парсинг отриманих пакетів, а також візуалізацію та збереження в файл результатів вимірювання окремо по кожному вимірювальному

каналу. У подальшому такі файли можна також імпортувати в MS Excel та проводити їх обробку його засобами.

Відзначимо, що використання декількох датчиків потребує попереднього оцінки збіжності їх показників. Зауважимо, що калібрування температурних датчиків потребує застосування спеціального обладнання, проте провести оцінку можливостей наявних термометрів можна, розмістивши їх в середовищі із сталою та відомою температурою з наступним аналізом отриманих результатів. У ході проведеного дослідження було проаналізовано роботу 2-х датчиків, які розміщались в ізотермічній зоні. Отримані результати показали, що різниця їх показань склала $0,04^{\circ}\text{C}$, при цьому середньоквадратичне відхилення результатів вимірювань не перевищувало $\pm 0,03^{\circ}\text{C}$.

Дослідження ТФХ будівельних матеріалів у багатьох випадках потребує досить тривалих у часі вимірювань, що в свою чергу накладає обмеження на рівень дрейфу показників датчиків. Оцінка температурного дрейфу проводилась шляхом вимірювання протягом певного часу температури в ізотермічній зоні. Було здійснено декілька серій вимірювань, з тривалістю серії близько 50хв. Обробка та аналіз отриманих даних дозволили встановити межі дрейфових відхилень відносно середнього значення на рівні $\pm 0,15^{\circ}\text{C}$.

Отримані у ході проведеного дослідження результати доводять можливість застосування розробленої вимірювальної установки для визначення розподілів температури в зразках будівельних матеріалів та їх теплофізичних властивостей із достатньо високою точністю, а наявні можливості автоматизованого отримання результатів дозволяють суттєво зменшити час необхідних розрахунків та аналізу.

Оксана БЕРДНИК, кандидатка технічних наук

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

Сергій ВИГОВСЬКИЙ

ТОВ «Гранд Бетон»

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ ПОРОШКУ ВІДХОДІВ СКЛЯНОГО БОЮ ЯК ЧАСТКОВОЇ ЗАМІНИ ЦЕМЕНТІВ У БЕТОНАХ

Різні унікальні властивості природного скла, такі як силікатна природа, не гігроскопічність, висока твердість, стійкість до корозії та тепла, спонукали багатьох дослідників використовувати скло в бетонних сумішах і вивчати його вплив на властивості бетону.

Попередні дослідження довели ефективність скляного порошку, який використовували для заміщення цементу в різних пропорціях — 5%, 10% і 15% від маси цементу. Зразки-куби з такого бетону були заформовані для перевірки міцності на стиск і порівняні з бетоном, з бездобавочним цементом. Міцність на стиск була вищою при 5% заміщенні скляного порошку і перевищувала міцність контрольного зразку. Однак при подальшому збільшенні вмісту скляного порошку міцність почала зменшуватися, що пояснюється високим вмістом магnezії в склі, використаному в цьому дослідженні.

Дослідження міцності на стиск бетону В30 проводилися в лабораторії заводу ТОВ «Гранд Бетон» згідно ДСТУ Б В.2.7-214:2009 на зразках кубах 100x100x100 мм на 3, 7, 28 добу на складах з вмістом склопорошку 0%, 5%, 10%, 15% з пропорційною заміною ПЦ II/A-Ш-500 та ПЦ II/A-Ш-400 відповідно.

За результатами випробувань було експериментально встановлено підвищення міцнісних характеристик затверділого бетону. Так зразки, на 3 добу показали підвищення міцності на стиск від контрольного зразка на ПЦ II/A-Ш-500 в середньому на 6,5%. На 7 добу спостерігається уповільнення набору міцності. А на 28 добу помічений стрімкий зріст міцності в середньому на 8,2 %. Найкращі результати показав зразок з 10% вмістом склопорошку і його міцність склала 49,25 МПа на 28 добу.

За результатами випробувань було експериментально встановлено підвищення міцнісних характеристик затверділого бетону. Так зразки, на 3 добу показали підвищення міцності на стиск від контрольного зразка на ПЦ II/A-Ш-400 в середньому на 11,7%. На 7 добу в середньому відповідають значенням контрольного зразка. А на 28 добу помічений стрімкий зріст міцності в середньому на 12 %. Найкращі результати показав зразок з 10% вмістом склопорошку і його міцність склала 46,25 МПа на 28 добу.

За результатами досліджень було доведено доцільність використання склопорошку як заміщення цементів типу ПЦ II/A-Ш-500 та ПЦ II/A-Ш-400, що не вплинуло на міцнісні характеристики, а навпаки покращило їх. Найкращі зразки були з заміщенням цементу склопорошком у розмірі 10%.

Це дає підґрунтя для розвитку подальших досліджень і показує доцільність використання склопорошку, як часткову заміну цементу у бетонах на основі шлаковмісних цементів.