

# ERE

ECOLOGY  
RESOURCES  
ENERGY

## **РОБОЧА ПРОГРАМА ТА ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ**

УКРАЇНА  
КИЇВ  
22-24  
листопада  
2023

МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА  
КОНФЕРЕНЦІЯ

**ЕКОЛОГІЯ. РЕСУРСИ. ЕНЕРГІЯ**

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-2023



КИЇВСЬКИЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА  
І АРХІТЕКТУРИ



ТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ  
ВАРШАВИ



ТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ  
ЛЮБЛІНА



ТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ  
ЧЕНСТОХОВА

## РОБОЧА ПРОГРАМА ТА ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ IV-ї МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

# ЕКОЛОГІЯ. РЕСУРСИ. ЕНЕРГІЯ

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

КИЇВ

22-24 листопада 2023

## КЕРІВНИЦТВО КОНФЕРЕНЦІЇ

**Петро КУЛІКОВ** , ректор КНУБА, Україна – голова

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

### Члени наукового комітету:

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

### РЕГЛАМЕНТ

#### 22 листопада (середа)

10:00 – 12:00	Відкриття конференції, пленарне засідання
13:00 – 17:00	пленарне засідання

#### 23 листопада (четвер)

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

#### 24 листопада (п'ятниця)

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

ПАРТНЕРИ КОНФЕРЕНЦІЇ:



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

*Стійкість планетарних кордонів Землі*

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

*Система реєстрації неоднорідного магнітного поля і розпізнавання об'єктів на основі рідких кристалів з магнітними наночастинками*

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

*Науково-технічні основи термомодернізації і відновлення будівель України*

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

*Дослідження чинників деіонізації повітря у приміщеннях та системах примусової вентиляції*

5. **Лариса САБЛІЙ**, доктор технічних наук, професор,

Очищення промислових стічних вод з високим вмістом органічних забруднюючих речовин

6. **Tetiana PRIKHNA**, Academician of NAS of Ukraine, Prof. Dr.Sci.,  
V. Bakul Institute for Superhard Materials

*Electroerosive dispersion for environmentally friendly and efficient production of nano- and micropowders, recycling of electrically conductive waste, purification of water from metal ions, organic contaminants and its disinfection*



6. **Олена ВОЛОШКІНА**, доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури  
**Ірина КОРДУБА**, кандидат технічних наук, Київський національний університет будівництва і архітектури  
**Даніїл МАРШАЛЛ**, Київський національний університет будівництва і архітектури  
**Олена ЖУКОВА**, кандидат технічних наук, Київський національний університет будівництва і архітектури

*Прогнозування роботи відкритих систем охолодження енергетичних об'єктів в умовах глобального підвищення температурних показників*

7. **Тетяна ТКАЧЕНКО**, доктор технічних наук, Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна  
**Віктор МІЛЕЙКОВСЬКИЙ**, доктор технічних наук, Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна  
**Марина КРАВЧЕНКО** кандидат технічних наук, Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

*Перспективи розроблення державних зелених стандартів*

8. **Олександр ПРИЙМАК**, доктор технічних наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури  
**Brian Vad MATHIESEN**, PhD, Aalborg University: Aalborg, DK

*Принципи формування дорожньої карти модернізації централізованих систем теплохолодопостачання*

9. **Костянтин ПРЕДУН** доктор економічних наук, професор, Київський національний університет будівництва і архітектури

*Принцип реалізації сталого розвитку для енергопостачання об'єктів за рахунок використання теплових насосів. Еколого-економічні аспекти*

10. **Олег БАКУНОВСЬКИЙ**, ТОВ «ІВІК Формула Води», Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

*Портативна установка як спосіб вирішення питання водозабезпечення населення у надзвичайних ситуаціях*

11. **Кирило БАРАНЧУК**, Danfoss-Україна, Київський національний університет будівництва і архітектури

*Електрифікація централізованого теплопостачання та роль комбінованих теплових пунктів*

12. **Malgorzata ULEWICZ**, dr hab, profesor PCz, Politechnika  
Częstochowska

**Natalia BRYCHT**, mgr inż., Politechnika Częstochowska

*Removal of asbestos and asbestos-containing products used in Poland*

### **Основні тематичні напрямки**

#### **Екосистеми та водні ресурси. Інженерія. Технології**

1. **Олена Котовенко, Олена Мірошниченко, Денис Приймак**  
Комплексна утилізація баластних газів агрегату синтезу аміаку
2. **Ігор Сатін, Тетяна Романова, Олена Панченко**  
Визначення матеріального балансу установок механіко-біологічного оброблення за морфологічним та фракційним складом побутових відходів
3. **Ігор Сатін, Сергій Хитрук, Олена Панченко**  
Визначення норм надання послуг з вивезення побутових відходів для населених пунктів вараської міської територіальної громади
4. **Олена Волошкіна, Ірина Кордуба, Данііл Маршалл, Олена Жукова,**  
Прогнозування роботи відкритих систем охолодження енергетичних об'єктів в умовах глобального підвищення температурних показників
5. **Катерина Лаврухіна, Ліана Ткаченко**  
Аналіз діяльності глобальної програми екоіндустріальних парків в Україні, формування тенденцій її розвитку включаючи участь кластерів у промислових екосистемах
5. **Тетяна Кривомаз, Роман Гамоцький, Ігор Ільченко, Артем Циба, Павло Старжинський**  
Важливі напрямки відбудови України
6. **Райса Кузьмішина, Юлія Березницька**  
Будівництво з нульовим енергоспоживанням: крок до сталого розвитку інфраструктури України
7. **Михайло Захарченко**  
Утилізація бурового шламу – економічно доцільно, екологічно прийнятно
8. **Тетяна Ткаченко, Юрій Цюрюпа, Олександр Литвиненко**  
Основні ризики для функціонування аграрного сектору економіки України у 2022 р. в умовах повномасштабної війни
9. **Тетяна Ткаченко, Тетяна Лістрова**  
Актуальність теоретичних аспектів фітомоделювання стійких урбоценозів

**11. Антоніна Савченко, Наталія Журавська, Анна Шкляренко**

Зниження впливу на довкілля при виробництві будівельних матеріалів шляхом впровадження елементів зеленого будівництва

**Водопостачання та водовідведення. Інженерія. Технології**

**1. Віктор Хоружий, Ігор Недашковський, Ігор Прокопенко**

Інтенсифікація процесів біологічного очищення стічних вод

**2. Світлана Маджд**

Проект відновлення Каховської гідроелектростанції задля сталого розвитку суспільства

**3. Анастасія Соседко, Андрій Пузанов, Геннадій Кочетов**

Дослідження очищення стічних вод від іонів цинку феромагнітними сорбентами

**4. Ewa Ogiolda, Ireneusz Nowogoński, Sylwia Mitek**

Assessment of the parameters of the exploited water supply system in the Zabór municipality

**5. Олексій Петроченко, Рафаель Кузьмін, Вячеслав Петроченко**

Методологічні основи комплексного відновлення та розбудови територій України у воєнний та післявоєнний період

**6. Андрій Голяка, Микола Гомеля**

Вплив кислотності середовища на швидкість знекиснення води сульфітом натрію в присутності каталізатора

**7. Світлана Величко, Олена Дупляк**

Вплив повномасштабної агресії в Україні на водні об'єкти як джерела водопостачання

**8. Тетяна Хомутецька, Ірина Кондрицька, Тетяна Курбанова, Віктор Нор**

Забезпечення споживачів сільгоспводопроводів якісною питною водою

**9. Євгеній Маврикін**

Нові вимоги до контролю якості питної води в умовах воєнного стану та вміст хлоритів у водопровідній питній воді після її обробки діоксидом хлору

**10. Степан Епоян, Тамара Айрапетян, Олександр Гайдучок, Олександр Вельможний**

До питання підвищення ефективності та надійності роботи горизонтального відстійника

**11. Валерій Макаренко, Сергій Максимов, Юлія Макаренко, Тетяна Аргатенко, Віктор Поліщук**

Дослідження впливу терміну експлуатації сталевих водоводів на зміни в структурі металу



**12.Сергій Шаманський, Назарій Стецюк, Владислав Горбонос**

Використання методу приведенного бетону для техніко-економічних розрахунків гідротехнічних споруд

**13.Валерій Макаренко, Володимир Гоц, Володимир Піпа, Володимир Савенко, Оксана Бердник**

Експериментальні дослідження несучої здатності трубних сталей підземних систем водовідведення

**14.Андрій Шевченко, Олексій Мясоедов, Тамара Шевченко**

Щодо питання зневоднення дигестату стічних вод харчової промисловості

**15.Микола Ситніченко**

Моделювання об'єму стоку поверхневих стічних вод на прикладі міста Київ

**16.Микола Ситніченко**

Використання експоненційного розподілу в якості синтетичної кривої об'єму стоку для визначення обсягу поверхневого стоку

**17.Андрій Мац, Олена Мітрясова, Віктор Смирнов**

Дослідження якості вод Бузького лиману за інтегрованими гідрохімічними показниками

**18.Олена Дуляк, Віталій Стеценко**

Вплив шару завантаження з Calcite на зміну рН та вмісту CO<sub>2</sub> на роботу напірних фільтрів з каталітичним завантаженням

**19.Юрій Копаниця, Олена Гіжа, Євген Павлов, Богдан Кострич**

Веб інтерфейс та комп'ютерні розрахунки елементів розгалуженої мережі в CAS MAXIMA у навчальному процесі

**20.Юрій Копаниця, Євген Павлов, Тетяна Толмачова**

Аналіз варіантів розрахунку сили гідростатичного тиску методом K123

**21.Андрій Кравчук, Олександр Кравчук, Роман Чабанюк, Ольга Кравчук**

До методики розрахунку розподільчих дренажних трубопроводів при наявності похилу рівня ґрунтових вод

**22.Юрій Копаниця, Олена Гіжа, Євген Павлов, Олексій Матвієнко**

Моделювання елементів розгалуженої мережі в графічній підсистемі CAS MAXIMA у навчальному процесі

**23.Вікторія Сахновська**

Розробка заходів забезпечення екологічної безпеки та надійності роботи систем водопостачання та водовідведення під час надзвичайних ситуацій та воєнних дій східних регіонів України

**24.Інга Уряднікова, Віктор Хоружий, Олександр Возний**

Системний підхід до оптимізації надійності і якості водоочищення

**26. Тетяна Куба, Олександр Кравченко, Олег Бакуновський**

Пілотна установка для відпрацювання удосконалення технології очищення і знезараження води

**27. Оксана Нечипор, Олександр Кушка, Нестан Таварткіладзе**

Закономірність сорбційно-окислювального руйнування субстрату стічних вод в прикріпленому біоценозі

**Опалення, вентиляція та кондиціонування. Інженерія. Технології**

**1. Борис Басок**

Науково-технічні основи створення інноваційних віконних конструкцій

**2. Валерій Савін, Василь Желих**

Особливості використання вітровловлювачів у системах енергоощадної вентиляції

**3. Костянтин Предун**

Принцип реалізації сталого розвитку для енергопостачання об'єктів за рахунок використання теплових насосів. Еколого-економічні аспекти

**4. Віталій Петраш, Віталій Барішев, Леонід Шевченко, Еліна Гераскіна, Ольга Хоменко**

Ефективність децентралізованого теплопостачання на основі парокompресійної трансформації теплоти доохолодження низькотемпературних джерел

**5. Василь Желих, Юрій Фурдас, Володимир Шепітчак, Христина Миронюк**

Дослідження ефективності стіни тромбе інтегрованої в конструкцію модульного будинку при різних режимах експлуатації

**6. Степан Шаповал, Богдан Гулай, Мар'яна Касинець, Юрій Пришляк**

Система теплозабезпечення будівель на основі гібридних сонячних колекторів

**7. Володимир Вахула**

Дослідження струминних течій від повітророзподільних пристроїв вітчизняного виробництва

**8. Микола Белюженко, Михайло Сенчук**

Резервування систем теплопостачання джерелами теплової енергії на біопаливі

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

Підвищення надійності та ефективності роботи багатокорпусної вакуум-випарної установки

11. *Андрій Бондаренко, Євгеній Юрченко, Олена Коваль, Артем Коваль*  
Визначення повітропроникності будівель

12. *Руслан Верля, Віктор Петренко*  
Філософія проектування котельних установок BINDER

13. *Микола Кізеєв, Ольга Новицька, Наталія Кравченко, Сергій Проценко*

Розроблення енергоефективних заходів для навчальних корпусів Національного університету водного господарства та природокористування

11. *Анна Москвітінна, Марія Шишина*  
Оптимізація стратегії термомодернізації житлових будинків

12. *Анна Москвітінна, Марія Шишина*  
Удосконалення систем опалення історичних споруд для збереження творів мистецтва на основі історичного внутрішнього мікроклімату

13. *Вадим Корбут, Тетяна Ткаченко, Віктор Мілейковський, Володимир Вахула, Вікторія Коновалюк*

Оцінювання створення комфортних теплових умов та чистоти повітря зональними місцево-центральною системами кондиціонування повітря з санаційним фітодизайном

14. *Сергій Рибачов*  
Розробка оптимальних рішень щодо підвищення ефективності місцевих та загальнообмінних систем вентиляції фарбувальних та фарбувально-сушильних камер

15. *Олександр Задоянний*  
Порівняльний ексергетичний аналіз прямотокової та рециркуляційних центральних систем кондиціонування повітря

16. *Олександр Демидов, Олена Коваль, Євгеній Юрченко, Артем Коваль*

Аналіз інсоляції та освітлення з наступним моделюванням штучного освітлення офісного приміщення

17. *Юрій Франчук, Вікторія Коновалюк*  
Підвищення економічності газорозподільних систем

18. *Дар'я Вакулєнко, Віктор Мілейковський*  
Дослідження товщини теплової ізоляції горизонтальних циліндрів

19. *Павло Гламаздін, Кирило Баранчук*  
Перспективи розвитку систем централізованого тепlopостачання

20. *Юрій Франчук, Павло Гламаздін*

Підвищення надійності експлуатації газових мереж низького тиску

21. *Віталій Войналович*

Ґрунтові теплові насоси як джерело енергії для потреб теплопостачання будівель і споруд

**Використання теплової енергії. Нетрадиційні джерела енергії**

1. *Володимир Лабай, Галина Верещинська*

Спосіб улаштування внутрішньої теплової ізоляції зовнішніх захисних конструкцій приміщення

2. *Борис Басок, Олександр Недбайло, Ігор Божко, Володимир Мартенюк*

Особливості квазістаціонарного теплообміну та явища нестійкості у системі повітряного опалення енергоефективного будинку

3. *Tomasz Cholewa*

Comparison of weather-based control and forecast control of heating system in building

4. *Павло Гламаздін, Богдан Козячина*

Врахування кліматичних змін при побудові графіка росандера

5. *Сергій Ословський, Михайло Безродний, Михайло Кириченко*

Енергетична та економічна ефективність використання ґрунтового теплового насосу для кондиціонування повітря

5. *Тимофій Місюра, Наталія Чепурна*

Дослідження енергоефективності теплонасосної системи з рекуперацією вентиляційних викидів для вентиляції та кондиціонування приміщення

6. *Олег Лусак*

Аналіз впливу змін клімату на підбір акумуляторів теплоти та холоду

7. *Леонід Косенко, Олена Коваль, Євгеній Юрченко, Артем Коваль*

Аналіз нормативних вимог до NZEB будівель в країнах Європи та впровадження норм NZEB в Україні

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

Експериментальні дослідження ефективності роботи електричного опалювального приладу

9. *Любов Макаренко*

Вплив кратності повітробміну та відносної вологості на тривалість очищення часток PM<sub>2.5</sub> до рекомендованих ВООЗ рівнів

10. **Микола Кізеєв, Ольга Новицька, Наталія Кравченко, Сергій Проценко**

Аналіз заходів з підвищення енергоефективності навчальних корпусів національного університету водного господарства та природокористування

11. **Павло Гламаздін, Крістіна Габа**

Вплив модифікації води на теплообмін у системах теплопостачання

12. **Ілля Девтеров, Петро Зінич**

Коротко про історію виробництва та використання теплової енергії і теплогазопостачання у провідних країнах світу

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

1. **Vasyl Klapchenko, Valentyn Glyva, Irina Kuznetsova**

Fragmented physical statistics as the basis of alternative energy

2. **Валентин Глива, Григорій Краснянський, Ірина Азнаурян, Олег Бесараб, Олеся Зарембовська**

Механізм іонізації повітря приміщень світлодіодними джерелами УФ-С діапазону

3. **Віталій Тарасевич, Юрій Гасан, Олександр Григорчук, Дар'я Танасієнко**

Дослідження токсикологічної безпеки виробництва та експлуатації виробів із сіркогіпсового композиту

4. **Лариса Левченко, Лука Переверзєв**

Засади моделювання поширення магнітних полів енергетичного обладнання

5. **Валентин Глива, Борис Болібрух, Максим Довгановський**

Засади проектування матеріалів для блокування інфрачервоного випромінювання

6. **Валентин Глива, Лариса Левченко, Михайло Кашилев**

Моніторинг інфразвукового навантаження на території, прилеглі до об'єктів енергетики

7. **Наталія Бурдейна, Яна Бірук**

Способи раціоналізації ефективності композиційних матеріалів для екранування електромагнітних полів



## ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

Екосистеми та водні ресурси. Інженерія. Технології

*Олена Котовенко, кандидат технічних наук*

*Олена Мірошниченко*

*Денис Приймак*

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

**КОМПЛЕКСНА УТИЛІЗАЦІЯ БАЛАСТНИХ ГАЗІВ АГРЕГАТУ СИНТЕЗУ АМІАКУ**

Синтез аміаку здійснюється на агрегаті середнього тиску з двостадійною конденсацією аміаку. Реакція синтезу аміаку з чистої азото-водневої суміші здійснюється в реакційних апаратах – колонах синтезу. Внаслідок неповного перетворення азоту і водню при одному проході через колону застосовують багатократну циркуляцію суміші в колоні, побічним продуктом процесу одержання аміаку є так звані баластні гази.

Баластні гази складаються з аміаку  $\text{NH}_3$ , водню  $\text{H}_2$ , азоту  $\text{N}_2$ , метану  $\text{CH}_4$ , аргону  $\text{Ar}$ . Вміст рідкісних газів у баластних газах, % об, складає:  $<0,0001$  ксенону;  $<0,001$  криптону;  $<0,5$  гелію.

До теперішнього часу основним методом утилізації баластних газів було спалювання їх у конверторі першого ступеня агрегату синтезу аміаку в суміші з паливним газом.

Недоліками такого методу є: збільшення собівартості аміаку; оксиди, що виникають при спалюванні, призводять до забруднення атмосфери та погіршення екологічного стану; додаткові витрати основного продукту (аміаку) та зниження продуктивності.

Одним із ефективних шляхів утилізації баластних газів є вдосконалення технологій вилучення з них аміаку як основного продукту.

Крім того, запропоновано використання мембранних технологій для одержання товарного водню. При застосуванні такої технології можна з одного агрегату при утилізації баластних газів після вилучення з них аміаку одержати приблизно  $5700 \text{ м}^3/\text{год}$  товарного водню.

У складі залишкових газів, які одержані після вилучення аміаку та водню з баластних газів, залишаються рідкісні інертні гази  $\text{He}$ ,  $\text{Ne}$ ,  $\text{Ar}$ ,  $\text{Kr}$ ,  $\text{Xe}$ , які є цінними продуктами для медицини, електроніки, виробництва тощо.

Наприклад, для вилучення гелію пропонується застосовувати мембранні технології розділення газових сумішей, які в наш час починають поширюватись.

При підборі різних типів мембран можна проводити поетапну селекцію і відбір інертних газів. Основою до використання газорозділення для виділення гелію є його висока проникність і селективність для багатьох матеріалів.

Принцип роботи мембранних газорозподільних систем базується на різниці в швидкості проникнення компонентів суміші крізь визначену речовину, з якої складається мембрана. Рушійною силою процесу є різниця парціальних тисків з різних боків мембрани.

Матеріал мембран – сучасне пористе полімерне волокно із складною асиметричною структурою. Товщина волокон мембран менше ніж  $0,1 \text{ мкм}$ .

Рекомендується застосування установок, які складаються з декількох розподільних мембранних модулів. За організацією в них потоків та процесу газорозділення, як показують дослідження, найкращими в наш час є технології з внутрішньою подачею суміші, яка розділяється, у внутрішню частину волокон та з подаванням суміші, що розділяється, у міжволоконний простір.

Таким чином буде здійснено майже повну утилізацію баластних газів з одержанням додаткової кількості аміаку, товарного водню та цінних інертних газів.

**Ігор Сатін**, кандидат технічних наук

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

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

**Тетяна Романова**, кандидат технічних наук

**Олена Панченко**

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

## **ВИЗНАЧЕННЯ МАТЕРІАЛЬНОГО БАЛАНСУ УСТАНОВОК МЕХАНІКО-БІОЛОГІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ ЗА МОРФОЛОГІЧНИМ ТА ФРАКЦІЙНИМ СКЛАДОМ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ**

Досягнення цілей зі зменшення обсягу захоронення побутових відходів до 30% у 2030 році, які встановлені Національною стратегією управління відходами в Україні до 2030 року, можливо після створення інфраструктури управління побутовими відходами.

Результати дослідження морфологічного складу побутових відходів використовують при плануванні сектору управління відходами, для визначення очікуваної кількості біогазу на полігонах побутових відходів, для визначення кількості теплоти, яка може бути відведена при спалюванні побутових відходів, а також відмічаються вплив складу відходів на комплектність та потужність сміттесортувальних ліній, вплив на вартість будівельних робіт та обслуговування.

Найбільший вплив на техніко-економічні показники сміттесортувальних підприємств, в тому числі установок механіко-біологічної обробки, має матеріальний баланс. Розрахунки матеріального балансу виконують на основі морфологічного та фракційного складу побутових відходів.

У статті наведено результати досліджень морфологічного складу побутових відходів, які утворюються в населених пунктах Сумської міської територіальної громади. Наведено результати досліджень фракційного складу побутових відходів, які утворюються в місті Київ. На основі результатів досліджень морфологічного та фракційного складу було розраховано матеріальний баланс побутових відходів на прикладі спрощеної технологічної схеми механіко-біологічного оброблення.

**Ігор Сатін**, кандидат технічних наук

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

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

**Сергій Хитрук**

**Олена Панченко**

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

## **ВИЗНАЧЕННЯ НОРМ НАДАННЯ ПОСЛУГ З ВИВЕЗЕННЯ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ДЛЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ ВАРАСЬКОЇ МІСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ**

Вирішення проблеми управління побутовими відходами базується на визначенні кількості їх утворення. Причому важливо проводити дослідження як для міських, так і для сільських населених пунктів з різним ступенем охоплення населення централізованою системою збирання та вивезення побутових відходів для отримання більш достовірних результатів.

Метою роботи є удосконалення методологічних підходів до визначення норм надання послуг з вивезення побутових відходів у населених пунктах.

Із аналізу літературних даних встановлено, що відсутні достовірні дані про проведені натурні заміри та їх результати, відсутні єдині форми подання отриманих результатів, що унеможлиблює їх порівняння та проведення глибшого аналізу із виявлення залежності розрахованих норм накопичення до кількості населення та рівня охоплення централізованою системою збирання та вивезення побутових відходів у містах, територіальних громадах та селах.

У представленій роботі виконані натурні дослідження з визначення обсягів утворення побутових відходів від джерел їх утворення. Проведення натурних замірів відбувались на території Вараської міської територіальної громади.

**Олена Волошкіна**, доктор технічних наук

**Ірина Кордуба**, кандидат технічних наук

**Данііл Маршалл**

**Олена Жукова**, кандидат технічних наук

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ПРОГНОЗУВАННЯ РОБОТИ ВІДКРИТИХ СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОГО ПІДВИЩЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОКАЗНИКІВ**

Відомо, що ефективність технологічних процесів залежить від температурних показників водних об'єктів, які використовуються для охолодження. Сучасні відкриті системи водяного охолодження, які існують на даний час в технологічних процесах діючих в нашій державі енергетичних об'єктів створюють суттєвий вплив навколишнє середовище. Внаслідок надзвичайних ситуацій, які викликані воєнними діями, пошкодження систем водяного охолодження на атомних станціях –один з головних елементів загрози ядерного

вибуху. На сьогоднішній день існують чисельні моделі взаємозв'язку між використанням води на охолодження та виробництвом електроенергії, але більшість з них потребують великого обсягу натурних або розрахункових статистичних даних.

На основі зібраних моніторингових температурних даних атмосферного повітря за останні сто років із застосуванням програмного продукту OriginPro8 авторами було зроблено аналіз змін температурних показників на території України протягом періоду 1881-2020 років та прогнозних показників підвищення температури на найближчі десятиліття.

Для прогнозування ефективності роботи відкритих систем охолодження в умовах кліматичних змін, нами був застосований наступний алгоритм досліджень: ґрунтуючись на відомих рівняннях, які характеризують потребу води для охолодження та рівняння взаємозв'язку між температурними показниками повітря і води в ставках-охолоджувачах для діючих атомних реакторів в Україні, отримані кореляційні залежності між цими показниками для 2020 року, як одного з самих спекотних за час кліматичних спостережень, що дозволяє для конкретного регіону отримати прогнозні оцінки підвищення температури води в багаторічному розрізі – 30, 50 і 100 років та коефіцієнти рівняння Мохсені, що характеризує зв'язок між температурою повітря і температурою води.

Отримані прогнозні оцінки дозволять оцінити зміни показників якості водних ресурсів в часі в залежності від температурного фактору при інших рівних умовах, а також необхідну кількість води для охолодження діючих реакторів при застосуванні відповідних граничних умов.

Отримані коефіцієнти вихідної потужності для діючих реакторів до 2050 року свідчать про поступове зниження вихідної потужності в наступні десятиріччя в умовах прогнозних значень глобального потепління.

***Катерина Лаврухіна, кандидат економічних наук***

***Ліана Ткаченко***

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ ГЛОБАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ ЕКОІНДУСТРІАЛЬНИХ ПАРКІВ В УКРАЇНІ, ФОРМУВАННЯ ТЕНДЕНЦІЙ ЇЇ РОЗВИТКУ ВКЛЮЧАЮЧИ УЧАСТЬ КЛАСТЕРІВ У ПРОМИСЛОВИХ ЕКОСИСТЕМАХ**

Глибокі структурні зміни в промисловому та технологічному секторах України, викликані агресивною деіндустріалізацією через російсько-українську війну, не тільки змінюють характер і спосіб функціонування існуючих виробництв, а й сприяють швидкій інтеграції українських компаній у світові виробничо-збутові мережі, розширюючи торговельні зв'язки в умовах глобального технологічного та цифрового конкурентного середовища. При цьому, кордони між галузями розмиваються через глобальні процеси вертикальної дезінтеграції та промислової реорганізації, створюючи нові взаємовигідні відносини між виробництвом та послугами. Визначення фактичних меж екосистем стає виключною за рахунок урядових органів, які мають інтерес у підтримці промислових екосистем та їх перетворенні в цикли інновацій з внутрішнім оборотом. Відтак, поняттю *промислова екосистема* було надане нами в ході дослідження авторське

тлумачення, як складна виробнича система, що включає різноманітних учасників, залучених до ланцюгів створення вартості та тих, що сприяють реалізації потенціалу екосистеми (та її учасників) та виробничої здатності країни.

У контексті глобальних тенденцій розвитку України доцільно акцентувати увагу на значущості створення та розвитку також кластерів в умовах цифрової економіки та процесів соціально-екологічної трансформації. Основна мета зосереджена в об'єднаних компетенціях і ресурсах через спільні стратегії та проекти з розподілу інноваційного потенціалу кластерів та їх учасників. Важливим завданням політики кластеризації є створення та підтримка промислово-технологічних партнерств на міжнародному рівні, які визнаються ключовими для промислових кластерів. Також особливу увагу необхідно приділяти розвитку виробничого сектору та підвищенню технологічного рівня для зміцнення економіки та забезпечення національного добробуту, особливо в контексті війни в Україні. У дослідженні розглядаються різні шляхи та стимули для стратегічного партнерства між кластерами, включаючи участь у навчанні на рівнях управління, ідентифікації міжнародних інновацій, освоєння нових ринків та ініціювання міжнародних науково-дослідних проєктів.

У контексті цифровізації та трансформації економіки і соціального середовища стає очевидним, що кластери відіграють важливу роль у створених професійних управлінських командах, які об'єднують різноманітні сфери знань та співпрацюють між собою в межах кластеру. Зростає також значення зміцнення інноваційного потенціалу кластерів та їх учасників через спільні стратегії та спільні проєкти.

В цьому дослідженні наголошено на важливості структурних дефіцитів у промислових екосистемах з метою максимізації переваг вибраних партнерств і підтримки інноваційної політики у сфері оновлення бізнес-процесів та обладнання. Географічні межі промислових екосистем починаються взаємозалежно між організаціями в їх складі та новими зв'язками за їх межами. Промислові екосистеми розглядаються як складні системи виробництва, що включають різноманітних учасників у ланцюгах створення вартості та тих, хто сприяє реалізації їх потенціалу та продуктивної потужності країни.

Ланцюг створення вартості може бути розділений на п'ять основних видів діяльності, включаючи вхідну логістику, виробництво, вихідну логістику, маркетинг, продажі, а також можна включати допоміжні види діяльності, що сприяють ефективності основних процесів.

Основна ідея аналізу програми формування екоіндустріальних парків в Україні в період війни полягає в тому, що визначення реальних меж промислової екосистеми є критичним для урядових структур, які цікавляться підтримкою та перетворенням їх в інноваційні системи із закритим циклом.

Такі дії можуть бути представлені як початкова ініціатива для акцентування уваги на концепції екоіндустріальних парків в Україні, що стає основою глобальної програми екоіндустріальних парків, започаткованої на початку 2019 року урядом Швейцарії. Адже, метою глобальної програми є відображення життєздатності та переваги екологічного розвитку промислових парків через підвищення ефективності використання ресурсів, а також покращення економічних,



екологічних та соціальних показників бізнесу, сприяючи тим самим інклюзивному та сталому індустріальному розвитку в країні, яка перебуває у стані війни.

Наразі потенційні цільові промислові парки управляються або міськими комунальними підприємствами, або приватними управлінськими компаніями. Український бізнес активно впроваджує нові концепції, які часто стають популярними. Важливо для бізнесу розуміти переваги різних стратегій розвитку та їх відмінності, щоб швидше досягти успіху. Розповсюдження знань та інновацій шляхом діалогу та тісного співробітництва між компаніями та встановлення постійних зв'язків між ними суттєво забезпечує результативність нових управлінських систем.

**Тетяна Кривомаз**, доктор технічних наук

**Роман Гамоцький**

**Ігор Ільченко**

**Артем Циба**

**Павло Старжинський**

*Київський національний університет будівництва та архітектури, Україна*

## **ВАЖЛИВІ НАПРЯМКИ ВІДБУДОВИ УКРАЇНИ**

Згідно планам по відбудові України виділяють три основних етапи: 1) забезпечення житлом всіх постраждалих; 2) відновлення інфраструктури; 3) відбудова зруйнованих територій за кращими міжнародними стандартами. В зв'язку з цим знову актуалізується питання про реконструкцію або знесення «хрущовок». Показники витрат для усунення негативних наслідків проживання в «бідних будинках» (poor housing) займають четверте місце після таких небезпечних факторів ризику для здоров'я, як алкоголь, куріння та ожиріння. Індикатори забруднення всередині приміщень можуть в 2-5 разів перевищувати зовнішні параметри. По оцінці ВОЗ 12,7% смертей можна уникнути, якщо підвищити якість повітря в будівлях.

Під час здійснення післявоєнної відбудови або реконструкції об'єктів сектор будівництва повинен значно скоротити викиди парникових газів у будівлях. Енергетична безпека була і є провідним фактором національної безпеки України, враховуючи фактори енергонезалежності будівель та споруд а також їх майбутню експлуатацію під час відбудови України. Україна підтримує енергетичну безпеку Європи та перехід до низьковуглецевої економіки, тому орієнтується на дотримання вимог та норм енергоефективності під час відбудови об'єктів інфраструктури і населених пунктів на всіх етапах відновлення.

Розробляється концепція безбар'єрного смарт-міста для комфортної життєдіяльності людей з обмеженою мобільністю та повернення до повноцінного життя інвалідів війни. Необхідно забезпечити безбар'єрність пересування містом, доступ до публічних закладів та рекреаційних зон для людей з особливими потребами. Інклюзивність побудованого середовища дозволяє людям з обмеженою мобільністю інтегруватися в суспільство для реалізації своїх громадських, культурних, політичних, соціальних та економічних прав і обов'язків.

Безбар'єрність допоможе громадянам України, постраждалим внаслідок війни, адаптуватись до життя, знизити посттравматичний синдром, підвищити якість життя.

В сертифікаційних схемах зеленого будівництва представлено чіткі послідовні алгоритми взаємодії з місцевими громадами ще на етапі формування концепції нової забудови та при реконструкції застарілих будівель. Застосування стандартів зеленого будівництва разом з ESG критеріями нефінансової звітності сприятиме вирішенню проблеми відновлення застарілого та зруйнованого міського житла та забезпечить перехід на якісно новий рівень.

**Раїса Кузьмішина**

**Юлія Березницька**, кандидат технічних наук

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **БУДІВНИЦТВО З НУЛЬОВИМ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ: КРОК ДО СТАЛОГО РОЗВИТКУ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ**

В умовах зростаючої глобальної екологічної кризи екологічні практики будівництва набули першочергового значення. Будівництво з нульовим енергоспоживанням ґрунтується на ідеї створення будівель, які є енергоефективними до такого рівня, коли вони виробляють стільки енергії, скільки споживають протягом певного періоду часу. Ключовими елементами концепції будівництва з нульовим енергоспоживанням є енергоефективність, відновлювана енергія, ефективність використання ресурсів, зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Основною метою є скорочення викидів парникових газів і зменшення нашої залежності від викопного палива.

Щоб отримати чистий нульовий статус, будівлі повинні генерувати чисту відновлювану енергію на місці. Сонячні батареї, вітряні турбіни та геотермальні теплові насоси є поширеними технологіями, які використовуються для збору енергії. Надлишок енергії, що виробляється під час сонячних або вітряних днів, можна зберігати в акумуляторах для використання в періоди низького виробництва відновлюваної енергії. Екологічні будівельні матеріали вибираються для зменшення впливу будівництва на навколишнє середовище. Це включає використання перероблених матеріалів із низьким рівнем удару, а також зменшення відходів у процесі будівництва.

В Україні питання енергоефективності в житловому будівництві є гострою проблемою протягом багатьох років. Житлові будинки України вже давно відстають від міжнародних стандартів енергоефективності, особливо в порівнянні з європейськими країнами, українські будинки вимагають майже вдвічі або навіть утричі більше споживання енергії на квадратний метр, ніж їхні аналоги в Європі. Оскільки Україна стоїть на порозі післявоєнної відбудови, вкрай важливо визнати безглуздість діяти відповідно до застарілих норм і стандартів. Наша країна має можливість перескочити через застарілі енергетичні стандарти та прокласти шлях до більш енергоефективного майбутнього з розумінням до ресурсів. Переглянувши вимоги до енергоефективності будівель, ще до початку масштабної

реконструкції, нація може закласти фундамент для більш світлого та сталого майбутнього. Важливість енергоефективності в процесі реконструкції неможливо переоцінити, особливо в умовах, коли Україна бореться з проблемами енергетичної безпеки та післявоєнних відключень електроенергії. Пасивні будинки також є економічно вигідними. Хоча початкові витрати на впровадження цих технологій можуть бути вищими, довгострокова економія на рахунках за електроенергію, технічне обслуговування та потенційний дохід від надлишку енергії може забезпечити значні економічні вигоди як для власників будинків, так і для країни. Спеціалісти в цій галузі повинні бути не лише науково-обізнаними, але й професіоналами своєї справи.

Енергетична безпека під час реконструкції полягає не лише у відновленні електромереж, але й усуненні основних вразливостей, які призвели до відключень електроенергії та енергетичних криз. Пасивні будівлі, розумна інфраструктура та інтеграція відновлюваних джерел енергії можуть спільно сприяти більш екологічному та процвітаючому майбутньому.

У міру розвитку технологій і змін клімату метаморфози нашого світу стають дедалі очевиднішими, концепція будівництва з нульовим енергоспоживанням, швидше за все, стане стандартом, а не винятком. Пропагуючи та впроваджуючи цю концепцію, ми можемо зробити внесок у створення чистішого майбутнього, будуючи одну будівлю за раз. Реконструкція має бути не лише відновленням втраченого, а й будівництвом нового.

**Михайло Захарченко**, кандидат технічних наук

ТОВ «ФІТОПОТІК» (Наукові Дослідження і Екологічні Проекти), Україна

## **УТИЛІЗАЦІЯ БУРОВОГО ШЛАМУ – ЕКОНОМІЧНО ДОЦІЛЬНО, ЕКОЛОГІЧНО ПРИЙНЯТНО**

На даний час, в засобах масової інформації регулярно з'являється велика кількість статей, в яких яскраво описується незадовільний стан з видаленням відходів в сільській місцевості. Існуючі звалища ТПВ (твердих побутових відходів) в основі мають дозволи на експлуатацію в якості МВВ (місця видалення відходів), але навіть у такій спрощеній формі накопичення відходів ведеться без дотримання діючих вимог.

Зупинюсь на одній з нереалізованих вимог експлуатації полігонів – не здійснюється пошарова ізоляція відходів. На практиці – це порушення в зоні сміттєзвалищ (на піднімається рука писати полігонів) проявляється найефективніше – кольорові поліетиленові пакети розносяться вітром навколо на сотні метрів.

Згідно п. 3.17. Правил експлуатації полігонів після заповнення робочої карти, її слід укрити ізолювальним шаром (ґрунту, глини, подрібнених будівельних відходів тощо) завтовшки не менше 20 см. Але цей етап експлуатації сміттєзвалищ в сільській місцевості, практично, не впроваджений з-за великих затрат на видобування, перевезення та вкладання суглинку. Згідно діючих нормативів, в'язучі, слабкофільтруючі відходи IV класу небезпеки можуть використовуватись на полігоні побутових відходів як ізолювальний матеріал у середній та верхній

частинах полігону. І такий матеріал є, мало того, він може бути безкоштовно доставлений на територію звалища, що потребує рекультивациі.

На даний час в Україні різко зросли темпи буріння свердловин для видобутку газу та нафти. При цьому гостро постає питання утилізації відходів, що утворюються при бурінні свердловин, оскільки методи – надзвичайно затратні. До відходів відносять бурові стічні води, відпрацьований буровий розчин і буровий шлам. Обсяг вибуреного шламу може сягати до 0,5 м<sup>3</sup> з одного погонного метру проходки експлуатаційної свердловини.

Буровий шлам (IV клас небезпеки) – це водна суспензія, яка складається з розтрощених і подрібнених частинок гірських порід (до пилу та піску), води та глинистого розчину.

Пропонується використати буровий шлам разом з буровим розчином для формування ізолюючого шару, який подається на поверхню побутових відходів звалища. Це буде мати аналог ізолюючого екрану типу «стіна в ґрунті». Подача бурового шламу у вигляді рідкої суспензії дозволяє створити екрануючу зону на значну глибину, при цьому тверді побутові відходи будуть покриті глинистим розчином та ізольовані, а можливі забруднення – іммобілізовані. Таким чином, досить економічно та ефективно виконується перша черга рекультивациі звалища – технічна. Біологічна частина рекультивациі звалища проводиться за діючими нормативами.

Пропонується для технічної рекультивациі існуючих МВВ та ПТПВ використати буровий шлам, який організації що бурять свердловини, доставлять до місця рекультивациі. Потрібно лише мати розроблений та узгоджений проект рекультивациі звалища.

*Тетяна Ткаченко, доктор технічних наук*

*Юрій Цюрюпа*

*Олександр Литвиненко*

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ОСНОВНІ РИЗИКИ ДЛЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ АГРАРНОГО СЕКТОРУ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ У 2022 Р. В УМОВАХ ПОВНОМАСШТАБНОЇ ВІЙНИ**

За оцінкою Мінагрополітики України та Київської школи економіки, загальна сума втрат, завданих сільськогосподарській галузі внаслідок широкомасштабного російського вторгнення в Україну, станом на 15 вересня 2022 р. сягнула 6,6 млрд дол. США. При цьому непрямі втрати у сільському господарстві України через зменшення виробництва, блокаду портів і збільшення виробничих витрат оцінюються у 34,25 млрд дол. США.

Загальна кількість суб'єктів господарювання агропромислового комплексу, які зазнали збитків внаслідок збройної агресії РФ, становить 2653 од. (площі ріллі зменшилися на 1,9 млн га, багаторічних насаджень – на 9 тис. га). Крім того, територія близько 1 млн га потребує обстеження на наявність вибухонебезпечних предметів.

**Основні ризики для функціонування аграрного сектору економіки України у 2022 р. в умовах повномасштабної війни.**

1. Зменшилися обсяги внесення добрив та засобів захисту рослин, що знижує врожайність сільськогосподарських культур та погіршує якісний склад земель.

2. Згубного впливу зазнали сільськогосподарські угіддя, де велися активні бойові дії, якісний стан яких значно погіршився і в майбутньому потребуватиме виділення суттєвих коштів на їх повернення до активного сільськогосподарського вжитку.

3. Погіршилася забезпеченість сільгоспідприємств технікою.

4. Вихід окремих сільгоспвиробників з аграрного бізнесу або зміна спеціалізації через значні економічні втрати.

5. Втрата частини об'єктів інфраструктури зберігання та первинної переробки сільськогосподарської продукції, ускладнення збуту продукції на зовнішні ринки.

**З метою зменшення ризиків необхідно вирішити наступні завдання.**

1. Забезпечення умов для проведення аграріями всього необхідного комплексу польових робіт.

2. Сприяння відновленню поголів'я тварин та відбудові тваринницьких комплексів.

3. Продовження дії зернової ініціативи.

4. Адаптація аграрної політики України до відповідних положень Спільної аграрної політики ЄС, приведення вітчизняного законодавства в цій сфері у відповідність до вимог, пов'язаних зі вступом України до ЄС.

*Тетяна Ткаченко, доктор технічних наук*

*Віктор Мілейковський, доктор технічних наук*

*Марина Кравченко, кандидат технічних наук*

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

**ПЕРСПЕКТИВИ РОЗРОБЛЕННЯ ДЕРЖАВНИХ ЗЕЛЕНИХ СТАНДАРТІВ**

На даний час зелена сертифікація об'єктів будівництва відома майже у всіх розвинених країнах світу. Серед добровільних систем сертифікації в світі виділяють більше десяти стандартів, більшість з яких мають національний характер: Японія — CASBEE, Австралія – GREEN STAR, NABERS, Франція — HQE, Німеччина — DGNB тощо. На міжнародному ринку активно присутня система BREEAM (Великобританія) і LEED (США), а також GSBC від DGNB (Німеччина). Родоначальником всіх систем є англійська система BREEAM (British Building Research Establishment Environmental Assessment Method), яка була введена в 1990 році. З 1998 р. американська система The Leadership in Energy & Environmental Design (LEED) є однією з найбільш широко визнаною системою сертифікації зелених будівель, і адаптована у Бразилії, Канаді, Італії. Дана система широко використовується транснаціональними корпораціями. Незважаючи на гостру необхідність зеленої сертифікації в Україні, власних



державних зелених стандартів на будівельному ринку ще не існує. Але у 2023 році намітилися позитивні тенденції. Зокрема, Національний технічний комітет стандартизації ТК-82 «Екологічна безпека» розробляє проєкт СОУ ОЕМ 08.002.41.032:20XX «Будинки і споруди. Екологічні критерії та метод оцінювання життєвого циклу». Серед розділів: 5.5. Озеленення території; 5.6. Ландшафтне зрошення; 5.7. Близькість водного середовища та візуальний комфорт; 5.8. Інсоляція прилеглої території; 5.9. Захищеність прибудинкової території від шуму, вібрації та інфразвуку; 6.3. Озеленення будівлі. У світі існують стандарти на будівництво «зелених» покриттів. Лідером серед них є німецький стандарт FLL-2018 «Рекомендації щодо зелених дахів – вказівки щодо планування, будівництва та обслуговування зелених дахів». Також відомі італійський стандарт UNI 11235 «Інструкції з проєктування, будівництва, контролю та утримання зелених дахів» або швейцарський SIA 312-2013 «Озеленення дахів». Щодо випробувань на сьогодні існує міжнародна система стандартів ASTM, що передбачає випробування на механічні властивості, герметичність тощо і не містить рекомендацій щодо випробування позитивних ефектів рослинних шарів. У розвиток даного напрямку в плані на найближчий рік розроблення двох стандартів щодо впровадження «зелених конструкцій»: ДСТУ «Захист довкілля. Зелені конструкції. Технічні умови» та ДСТУ «Захист довкілля. Зелені конструкції. Метод випробування тепломасообмінних процесів у рослинних шарах». Ці стандарти унікальні тим, що розглядають не лише зелені покриття, а охоплюють практично всі види «зелених» конструкцій, серед яких нещодавно розроблені стіни, вкриті моос-бетоном, здатним утримувати без руйнування 5 дм<sup>3</sup>/м<sup>2</sup> води від косих дощів для вирощування на них моху. Також уперше у світі стандартизуються дослідження позитивних ефектів від рослинних шарів на «зелених» конструкціях. У цих стандартах буде враховано оригінальні вітчизняні напрацювання Київського національного університету будівництва і архітектури, виконані в рамках прикладних досліджень «Екологічна безпека будівельних конструкцій та споруд» (№ держреєстрації 0117U003297), «Управління дощовими стічними водами з використанням "зелених" конструкцій» (№ держреєстрації 0120U101145) та «Створення перспективних технологій формування безпечного середовища будівель поєднанням "зелених конструкцій", фітодизайну та інженерних систем» (№ держреєстрації 0122U001197), а також грантової програми ЄС Erasmus Plus «Multilevel Local, Nation- and Regionwide Education and Training in Climate Services, Climate Change Adaptation and Mitigation – ClimEd», 619285-EPP-1-2020-1-FI-EPPKA2-SBHE-JP. Таким чином, можна зазначити прогрес у державній зеленій сертифікації та стандартизації «зеленого» будівництва, завдяки яким повоєнна розбудова України буде відбуватися якісно, екологічно та енергоефективно.

**Тетяна Ткаченко**, доктор технічних наук

**Тетяна Лістрова**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕОРЕТИЧНИХ АСПЕКТІВ ФІТОМОДЕЛЮВАННЯ СТІЙКИХ УРБОЦЕНОЗІВ**

Для створення фітомоделей, що забезпечують функціональну стійкість урбоценозів, основними методами моделювання є комплексне моделювання на основі аналітичних, абстрактно-вербальних та абстрактно-математичних моделей.

Базовими даними для такого моделювання є такі параметри рослин:

- біологічні особливості рослин, стійких у заданому регіоні (як аборигенних видів, так й інтродуцентів);
- виділення асортименту рослин, який відповідатиме вимогам державних нормативних документів стандартів, нормативних та законодавчо-нормативних документів щодо впровадження проєкту та подальшої експлуатації зелених насаджень;
- міжвидові та алелопатичні взаємини у групах виділених рослин;
- стійкість до абіотичних факторів міського середовища;
- стійкість до антропогенних факторів міського середовища;
- здатність вибраних рослин нейтралізувати, зменшувати або згладжувати вплив негативних антропогенних факторів на людину;
- стійкість до шкідників та хвороб або незначне ураження ними;
- здатність залучати корисних тварин до міського середовища;
- естетична сезонна мінливість габітусу;
- психологічно сприятлива кольорова гама протягом річного циклу.

Таким чином, для успішного створення стійких урбоценозів дуже важливими є теоретичні аспекти підбору даних для грамотного фітомоделювання.

**Антоніна Савченко**

**Наталія Журавська**, кандидат технічних наук

**Анна Шклярєнко**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ЗНИЖЕННЯ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА**

Виробництво будівельних конструкцій та матеріалів - сукупність складних технологічних процесів, пов'язаних із перетворенням сировини у стани з різними фізико-механічними властивостями, а також із використанням різного ступеня складності технологічного обладнання та допоміжних механізмів. У багатьох випадках ці процеси супроводжуються виділенням великої кількості полідисперсного пилу, шкідливих газів та інших забруднень.

Аби забезпечити будівництво будівель і споруд всіх категорій виробничі комплекси по виготовленню будівельних матеріалів рівномірно розміщені по всій території країни, переважно поряд з природними джерелами необхідної сировини

та в великих індустріальних містах. Однак, використання застарілих технологій виснажливо діють на довкілля, не лише шляхом активного споживання природних ресурсів, а й забруднюючи його. Концепція зеленого будівництва об'єднують широкий спектр практик і методів, щоб скоротити в кінцевому підсумку і ліквідувати наслідки впливу будівель на навколишнє середовище та здоров'я людини.

Застосування елементів зеленого будівництва в промисловості будівельних матеріалів дозволить значно зменшити негативний вплив на довкілля. Яскравим прикладом є технології використання сип-панелей. Виробництво практично не має шкідливих викидів у навколишнє середовище, є енергетично економним, потребує мінімальної кількості працівників при виробництві, будівельні матеріали, використовувані в СІП технології включають деревину з лісів яка не використовується в діловому дерев'яному обороті - це всілякі сучки і верхівки дерев, так звані хлисти.

### **Водопостачання та водовідведення. Інженерія. Технології**

**Віктор Хоружий**, доктор технічних наук

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

**Ігор Недашковський**, кандидат технічних наук

*Одеська державна академія будівництва і архітектури, Україна*

**Ігор Прокопенко**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

### **ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСІВ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД**

Очищення міських стічних вод традиційно відбувається на очисних спорудах біологічної очистки. Сьогодні стічні води в своєму складі містять високі концентрації ПАР, органічних сполук, біогенних речовин та інших забруднень від підприємств, які перевищують допустимі концентрації на вході в очисні споруди, що і призводить до неефективного очищення в традиційних схемах біологічної очистки. Саме цей факт і став однією з головних причин перевищення у водних джерелах концентрацій саме сполук азоту та фосфору.

На існуючих станціях біологічного очищення стічних вод процес очищення активним мулом є найбільш поширеним методом, який використовується як для побутових, так і для промислових стічних вод.

Поняття "активний мул" відноситься до спільноти мікроорганізмів, які використовуються для метаболізму та перетворення органічних та неорганічних домішок у стічних водах на екологічно безпечні форми. Зазвичай склад мікрофлори активного мулу на 95...98% складають актиноміцети та гриби, а на 2...5% – більш складні організми, такі як протозоа (найпростіші організми), метазоа (багатоклітинні організми), коловертки та інші. Бактерії представлені наступними родами: *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*, *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Bacillus*, що забезпечують окиснення органічних забруднень та сполук азоту.

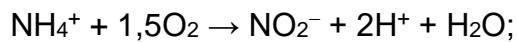
Однією з ключових проблем при очищенні стічних вод є видалення карбону, азоту та фосфору для запобігання деградації водойм. Видалення карбону

зазвичай не представляє складнощів при біологічному очищенні. Однак, однією з серйозних проблем є нестача органічних сполук карбону, необхідних для гетеротрофних перетворень азоту і фосфору у стічних водах. Таким чином, при експлуатації очисних споруд, коли співвідношення вмісту органічного речовини до азоту або фосфору низьке, можуть виникати труднощі в видаленні залишкового азоту та фосфору через відсутність необхідного органічного субстрату.

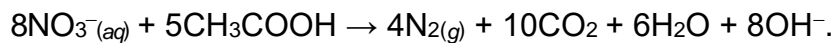
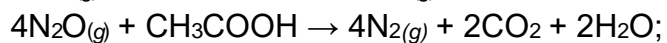
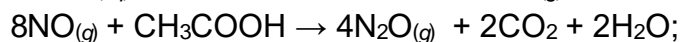
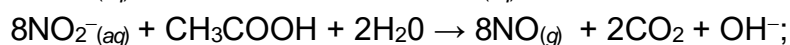
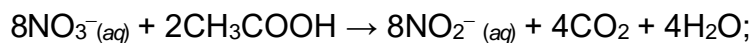
У традиційних системах очищення стічних вод нітроген видаляється за допомогою двох основних біологічних процесів: нітрифікації та денітрифікації. Нітрифікація відбувається в аеробних умовах та включає окислення амонію до нітритів і подальше до нітратів. Денітрифікація, навпаки, відбувається в анаеробних умовах і передбачає відновлення окисленого нітрогену, отриманого в результаті нітрифікації, до газоподібного нітрогену.

Зазвичай ці два процеси розглядаються як взаємовиключні, оскільки нітрифікація вимагає кисню, тоді як денітрифікація відбувається за відсутності кисню. Це призводить до необхідності дотримувати строгого розділення між цими процесами в системах очищення.

Нітрифікація (в аеробних умовах):



Денітрифікація (в анаеробних умовах) - використовує ацетат як донор електронів і включає кілька стадій:



У системі очищення стічних вод стічна вода спочатку змішується з активним мулом і може бути піддана різним технологічним рішенням в залежності від цілей очищення. Такі технології, як Biodenitro, Biodenitro, UCT, Bardenpho, розроблені на основі безперервного процесу і включають різні методи досягнення нітрифікації та/або аеробно-аноксичного видалення нітрогену і фосфору. В більшості випадків, перша секція резервуару аерується, де відбувається нітрифікація, і карбоновий органічний субстрат окислюється. Процес нітрифікації вимагає ретельного контролю, оскільки наступний денітрифікаційний процес потребує наявності відновника.

Далі стічна вода перекачується в аноксичну зону, де відбувається денітрифікація. Проте відсутність достатньої кількості органічного карбону в стічній воді може стати перешкодою для повної денітрифікації. Для подолання цієї проблеми можуть використовуватися методи, такі як рециклізація нітрифікованих вод або додавання органічних донорів електронів (наприклад, метанолу, ацетату) в аноксичній фазі.

Традиційні схеми очищення стічних вод мають свої недоліки, такі як утворення "пухкого мулу", нестача органічного карбону для денітрифікації та вимоги до великого віку мулу. Це спонукає дослідників шукати нові альтернативи для оптимізації процесів очищення стічних вод.

Потенційні можливості традиційних процесів біологічного очищення з активним мулом є фактично вичерпаними. Резерви інтенсифікації біологічного очищення полягають у практичній реалізації трофічних зв'язків шляхом поєднання прикріплених і вільно плаваючих мікроорганізмів, а також у застосуванні анаеробних процесів на початковій стадії з наступним поєднанням аноксидних та аеробних процесів.

Всі недоліки існуючих споруд біологічного очищення стічних вод можна усунути, переобладнавши традиційні аеротенки в біореактори.

При використанні багатоступеневих схем з різними кисневими умовами (аеробні, аноксидні, анаеробні) перший ступінь приймає на себе перепади витрат та концентрацій забруднень стічної води, де відбувається перша стадія очистки і нівелювання концентрацій забруднень. В умовах розділення схеми на декілька ступенів, на кожній наступній стадії утворюються відповідний біоценоз, адаптований до поступового зниження концентрацій. Такі схеми дозволяють забезпечити стабільну очистку стічної води при будь-яких змінах характеристик вхідної води.

Слід відмітити, що за рахунок чергування анаеробних і аеробних зон біореактор можна як будувати у вигляді окремої споруди, так і реконструювати діючий аеротенк.

Запропонована конструкція біореактора дозволяє:

- застосовувати вільноплаваючі та іммобілізовані мікроорганізми в одному просторі, що дозволяє підтримувати високі концентрації біомаси до  $20 \text{ г/дм}^3$ ;
- здійснювати процеси денітрифікації перед нітрифікацією, та розділити процес окиснення амонійного азоту на дві стадії з нітрифікацією, що дозволяє скоротити витрати на аерацію та зменшити об'єм надлишкової біомаси;
- створити оптимальні умови для проходження анамокс-процесу, як в товщі обростань носіїв, так і в стічній воді, який дозволяє видалити  $\text{NH}_4^+$  в анаеробних умовах, що зменшує витрати на аерацію в порівнянні з аеробним окисненням;
- провести процес ефективного видалення фосфору, не перешкоджаючи іншим процесам біологічного очищення органічних забруднень та сполук азоту, які в традиційних схемах слід розділяти;
- досягнути високої ефективності очищення міських стічних вод без застосування витрат на реагенти, доочищення, використовуючи лише потенціал мікроорганізмів.

**Світлана Маджд**, доктор технічних наук

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

## **ПРОЕКТ ВІДНОВЛЕННЯ КАХОВСЬКОЇ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ЗАДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ СУСПІЛЬСТВА**

Сталий розвиток будь якого суспільства обумовлений трьома взаємопов'язаними між собою складовими – економічне зростання, захист довкілля та соціальний захист (соціальний розвиток). Кожна із складових, сама по собі є складною динамічною системою, що розвивається. Відповідно, методологічною основою сталого розвитку є системний підхід, який передбачає ефективні шляхи розвитку суспільства, убезпечуючи тим самим його від багатьох можливих ризиків, в тому числі і екологічних. В умовах військової агресії Російської Федерації проти України для нашої країни є вкрай складно досягти економічного зростання та соціального розвитку. Не менш складним є і забезпечення екологічної безпеки, зокрема, захисту довкілля, подолання катастрофічних наслідків спричинених військовими та злочинними діями російської армії. Одним із таких воєнних злочинів та потенційного акту екоциду по відношенню до природи України був підрив греблі Каховської гідроелектростанції російськими окупаційними військами, який завдав непоправної шкоди економіці країни та екологічному стану довкілля.

Після руйнування греблі Каховського водосховища, на прилеглих територіях, склалася еколого-небезпечна ситуація, яка потребує прийняття негайних управлінських рішень на державному рівні. 18 липня 2023 року була ухвалена постанова Кабінету Міністрів України (№730) Про реалізацію експериментального проекту «Будівництво Каховського гідровузла на р. Дніпро. Відбудова після руйнування Каховської ГЕС та забезпечення сталої роботи Дніпровської ГЕС у період відбудови». Цей проект розрахований на два роки і включає в себе два етапи. На першому етапі заплановано спроектувати всі інженерні конструкції та підготувати необхідну базу для відновлення роботи Каховської ГЕС, а другий етап передбачає, що роботи з будівництва гідроелектростанції будуть розпочати після деокупації територій, на яких вона розташована.

Реалізація проект передбачає, що під час першого етапу будуть здійснені: проектування тимчасових гребель верхнього і нижнього б'єфа Каховського гідровузла, споруди для пропуску будівельних та екологічних витрат Каховського гідровузла, підпірної споруди у нижньому б'єфі Дніпровської ГЕС; будівництво підпірної споруди у нижньому б'єфі Дніпровської ГЕС. На другому етапі (після відновлення контролю над Каховською ГЕС) передбачено: обстеження, демонтаж зруйнованих споруд та конструктивів Каховського гідровузла; розробка проекту будівництва Каховської ГЕС; будівництво тимчасових гребель верхнього і нижнього б'єфа Каховського гідровузла.

Уряд покладає великі сподівання на те, що реалізація проекту з відбудова Каховської ГЕС підсилить економічний потенціал України як в аграрній, так і в енергетичній сфері, а також дозволить знизити екологічні ризики, які виникли на територіях прилеглих до гідроелектростанції.

**Анастасія Соседко**

**Андрій Пузанов**

**Геннадій Кочетов**, доктор технічних наук

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВІД ІОНІВ ЦИНКУ ФЕРОМАГНІТНИМИ СОРБЕНТАМИ**

Для підвищення рівня екологічної безпеки промислових підприємств перспективне використання феритизаційного метода очищення концентрованих стічних вод промислових підприємств. З осадів, що утворюються при такому очищенні води, можна отримати феромагнітні сорбенти для вилучення іонів важких металів із промивних вод гальванічних виробництв. Створено лабораторну установку для дослідження впливу параметрів сорбції на ступінь очищення стічної води. Структуру отриманих сорбентів досліджено гранулометричним та рентгенографічним методом. В дослідженнях сорбенти використовували, як у вигляді порошків, так і їх пастоподібної суспензії. Аналіз та узагальнення отриманих даних свідчить доцільність використання екологічно прийняттого феромагнітного сорбенту для очистки промивних стічних вод гальванічних виробництв від іонів цинку  $Zn^{2+}$ . Дослідження показали, що якість очищеної води покращує ультразвукова обробка реакційної суміші феритизації, а також збільшення швидкості її перемішування до 1200 об/хв. Найкращі результати очистки від іонів цинку були досягнуті при застосуванні свіжоотриманої пастоподібної суспензії феритизаційної переробки травильного розчину з подальшою ультразвуковою обробкою цієї суспензії. Використання такого сорбенту дозволяє досягнути високого ступеня вилучення іонів цинку - більш ніж 98,1 %. В результаті реалізації запропонованого сорбційного процесу забезпечується необхідна якість очистки води для повторного її використання в промивних операціях на промисловому виробництві, дозволить запобігти забрудненню довкілля токсичними важкими металами, забезпечити раціональне використання води на промислових виробництвах завдяки створенню замкнутих систем водопостачання.

**Ewa Ogiolda**, Doctor of Philosophy

**Ireneusz Nowogoński**, Doctor of Philosophy

**Sylwia Mitek**

*University of Zielona Góra, Poland*

## **ASSESSMENT OF THE PARAMETERS OF THE EXPLOITED WATER SUPPLY SYSTEM IN THE ZABÓR MUNICIPALITY**

The analysed water supply system in the municipality of Zabór (lubuskie province in Poland) supplies water to 1388 inhabitants in 13 localities. The study area is characterised by a significant variation in ground ordinates - from 53.8 to 134.0 mnpm. The system consists of 7 subsystems, the length of the water supply network is 50.67 km and the range of pipeline diameters is 63 to 160 mm. A simulation model consisting of 248 nodes and 261 sections was developed using EPANET 2.2. The Darcy-Weisbach

formula was chosen to calculate pressure losses, and the roughness of the pipelines was assumed to be 0.4 mm. The volume of water consumption in individual nodes was estimated on the basis of maximum hourly consumption values, and the percentage distribution of consumption in subsequent hours of the day, typical for single-family dwellings, was also introduced.

The analysis was carried out on the basis of selected parameters - water pressure in nodes, flow velocity in individual sections and the age of water understood as the time of water supply to consumers. The pressure range at individual nodes varied from 14.25 m to 65.28 m. The results of flow velocity calculations for the maximum discharge showed that the values range from 0.01 to 0.80 m·s<sup>-1</sup>, with 60% of the values not exceeding 0.10 m·s<sup>-1</sup> and only 5% exceeding 0.50 m·s<sup>-1</sup>. The next parameter analysed was the time of water inflow to consumers. For the assumed simulation time of 120 hours, the average time was 5.21 hours, and the maximum value in the areas furthest from the supply sources reached 34.23 hours.

The calculation results obtained confirm the operational experience. The water pressure in most of the area provides a reliable water supply to consumers, and the wide range of values is a consequence of the varied terrain. At about 20 junctions, values exceed the level considered acceptable, which may result in increased water losses. Flow velocities are very low, which can result in prolonged inflow times to consumers and deterioration of water quality. The results obtained have made it possible to select the parts of the analysed system where corrections should be attempted, and the evaluation of their effectiveness will be made possible by simulation calculations carried out using the developed model. The prepared model can also be used in perspective to analyze the concept of building an integrated water supply system. Such a solution may become necessary due to specific elevation conditions and the need to optimize both hydraulic conditions and energy consumption and, consequently, the energy efficiency of the entire system.

*Олексій Петроченко, кандидат технічних наук*

*Рафаель Кузьмін, кандидат юридичних наук*

*Вячеслав Петроченко, кандидат технічних наук*

*ГО «Вся Україна»*

## **МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ КОМПЛЕКСНОГО ВІДНОВЛЕННЯ ТА РОЗБУДОВИ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ У ВОЄННИЙ ТА ПІСЛЯВОЄННИЙ ПЕРІОД**

Внаслідок російської воєнної агресії в Україні порушено майже всі сфери буття населення. Поруч із проблемою захисту української державності військовим шляхом постає актуальна проблема відновлення та розбудови територій України у воєнний та післявоєнний період. Для радикального рішення проблеми відновлення та розбудови територій України виникає потреба заміни традиційної методології управління розвитком територій, за якою прийняття проектних та управлінських рішень здійснюють на основі досвіду і інтуїції проектувальників та управлінців, методологією інтегрованого управління, за якою проектні та управлінські рішення визначають та приймають на основі науково обґрунтованих моделей розвитку із застосуванням детермінованих алгоритмів, методів і методик.



Перевага застосування детермінованих методів відновлення та розбудови порушених війною територій України раніше була доведена на практиці академіком колишньої Академії будівництва та архітектури Української РСР Будниковим М.С., який в період відновлення зруйнованого другою світовою війною м. Києва запропонував та використав потоковий метод будівництва. Однак проблема комплексного відновлення та розвитку всієї території України є досить складною, – багатоаспектною та багатокритеріальною. Вона не може бути вирішена застосуванням одного і навіть кількох структурно незв'язаних методів.

Для рішення проблеми комплексного відновлення та розбудови територій України у воєнний та післявоєнний період колективом авторів розроблено принципово нову методологію інтегрованого управління розвитком територій, в основу якої покладено закони та закономірності розвитку складних систем.

Об'єктом інтегрованого управління обирають земельну ділянку з розташованими в її контурі природними ресурсами та комплексом об'єктів життєдіяльності людини. Залежно від площі земельної ділянки та складності розташованих на ній об'єктів розрізняють три види інтегрованого управління територіями: локальне; зональне; регіональне. Критеріальним показником оцінки ефективності та пріоритету здійснення альтернативних заходів інтегрованого управління обирають індекс рентабельності інвестицій, за яким визначають позитивний ефект інтегрованого управління, віднесений до розміру вкладених інвестицій. Під позитивним ефектом розуміють розрахований за відповідними методичними принципами сумарний позитивний соціальний, екологічний та економічний результат управління. При цьому будівельна галузь визначається як головний виконавець заходів відновлення та розбудови територій України на засадах інтегрованого управління, оскільки найбільшу частку інвестицій спрямовують на відновлення та будівництво: житла; промислових об'єктів; доріг; електростанцій; об'єктів інженерної інфраструктури; гідротехнічних споруд; меліоративних та природозахисних систем; об'єктів переробки сільгосппродукції тощо. Використання методології інтегрованого управління розвитком територій забезпечується науково-методичним інструментарієм у вигляді структурованого за певними принципами комплексу методів, алгоритмів, методик, рекомендацій.

**Андрій Голяка**

**Микола Гомеля, доктор технічних наук**

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

## **ВПЛИВ КИСЛОТНОСТІ СЕРЕДОВИЩА НА ШВИДКІСТЬ ЗНЕКИСНЕННЯ ВОДИ СУЛЬФІТОМ НАТРІЮ В ПРИСУТНОСТІ КАТАЛІЗАТОРА**

Суттєво домінуючи за об'ємами забору природної води та скиду стічних вод над іншими сферами водокористування найбільшим водоспоживачем в Україні є промисловість. Величезні об'єми води використовуються в системах тепlopостачання, охолодження та при виробництві електроенергії та пари. При цьому спостерігаються великі матеріальні втрати від корозії в системах

теплопостачання, в енергетичних установках, котлах. В даних умовах використання інгібіторів корозії виявляється малоефективним, а в деяких випадках і не допустимим через можливість утворення відкладень. У присутності кисню при високих температурах корозія металів є досить значною, навіть для нержавіючої сталі, латуні та міді. Тому дуже актуальним і одним з найефективніших методів зменшення корозії у даному випадку є знекиснення води.

Найбільш конкурентними методами видалення із води кисню є термічна і вакуумна деаерація, але вони тягнуть за собою величезні затрати енергії та мають недостатню ефективність. Тому досить широко застосовують хімічні методи знекиснення що базуються на викиситанні гідразину, проте мають побічні ефекти. При надлишку гідразину при високих температурах утворюється водень і аміак, що призводять до руйнування трубок та елементів системи виробництва пари.

Тому значно доступнішими і дуже ефективними реагентами для знекиснення води є сульфід, метабісульфід натрію, діоксид сірки.

Об'єктом дослідження в цій роботі були процеси знекиснення дистильованої води при використанні сульфату натрію. Мета дослідження – визначення впливу на швидкість реакції відновлення кисню у воді сульфідом рН середовища у присутності іонів заліза як каталізатора.

Сульфід використовували в концентрації  $200 \text{ мг/дм}^3$ . Реакцію середовища змінювали від  $\text{pH} = 3,0$  до  $\text{pH} = 9,0$ . Концентрація іонів  $\text{Fe}^{2+}$  –  $0,2$  та  $0,5 \text{ мг/дм}^3$ . Процес знекиснення води в присутності залізного каталізатора проходить значно швидше на відміну від процесу без його застосування. Каталітичний ефект спостерігається в усьому діапазоні використаних рН середовища. Швидкість відновлення кисню підвищувалась з підвищенням концентрації заліза та знижується з підвищенням рН середовища. Повного видалення кисню при  $\text{pH} = 3,0$  та концентрації каталізатор  $0,2 \text{ мг/дм}^3$  було досягнуто за 100 секунд. При  $\text{pH} = 4,5$  ступінь відновлення кисню через 100 секунд сягав  $78,3\%$ , при  $\text{pH} = 7,0$  –  $48,1\%$ , при  $\text{pH} = 9,0$  –  $39,2\%$ . При концентрації каталізатор  $0,5 \text{ мг/дм}^3$  та  $\text{pH} = 3,0$  повного видалення кисню було досягнуто за 70 секунд. При  $\text{pH} = 4,5$  ступінь відновлення кисню через 70 секунд сягав  $86,7\%$ , при  $\text{pH} = 7,0$  –  $76,7\%$ , та при  $\text{pH} = 9,0$  –  $63,3\%$ . Тобто збільшення концентрації каталізатора сприяло підвищенню швидкості взаємодії кисню із сульфідом при всіх використаних рН середовища.

Даний ефект можна пояснити підвищенням властивостей заліза як окисника з підкисленням середовища, що сприяє відновленню сульфату та переходу заліза у  $\text{Fe}^{2+}$  - форму. Очевидно, що наявність іонів  $\text{Fe}^{2+}$  сприяє відновленню кисню. З підвищенням рН залізо легко окислюється до  $\text{Fe}^{3+}$ , проте за таких умов відновлення кисню сповільнюється.

*Світлана Величко, кандидат технічних наук*

*Олена Дупляк, кандидат технічних наук*

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ВПЛИВ ПОВНОМАСШТАБНОЇ АГРЕСІЇ В УКРАЇНІ НА ВОДНІ ОБ'ЄКТИ ЯК ДЖЕРЕЛА ВОДОПОСТАЧАННЯ**

Водні ресурси є базовою складовою сталого розвитку країни. Водні ресурси розподілені по території України нерівномірно, більшість населених пунктів та підприємств, розташованих в північних, східних та підведених областях використовують поверхневі води як джерела водопостачання. Ведення бойових дій на території України прямо та опосередковано впливає на стан водних об'єктів, а отже на забезпечення базової потреби людини – чистої питної води. З початком бойових дій на території України в 2014 р. водні ресурси регулярно потерпають від терористичних дій росії. Країна агресор використовує водні ресурси як природні перешкоди, використовує руйнівну дію води для вбивства українців та завдання максимальних збитків економіці України. Також, руйнування системи водопідготовки та подачі води використовується російськими військами як засіб тиску та створення жахливих санітарних умов в населених пунктах. Вплив на водні ресурси під час збройних конфліктів в різних частинах світу мають спільні риси та значні особливості в залежності від рівня конфлікту та технологічності самої системи водопостачання. В першу чергу вплив збройних конфліктів на водні ресурси є прямим та опосередкований. Прямий вплив на водні ресурси як джерела водопостачання є безпосереднє руйнування водопідпірних споруд, водозабірних споруд та водоводів, забруднення водних об'єктів залишками затонулої військової техніки, мінами, снарядами та хімічними речовинами, що виділяються у воду при розкладанні зброї у воді. Непрямий вплив на джерела водопостачання є в деяких випадках більш загрозливий ніж прямий. Руйнування ємностей з нафтопродуктами, хімічними речовинами, складів добрив, які разом з дощовими водами або безпосередньо потрапляють в водні об'єкти, має набагато більшу шкоду ніж пряме потраплення снаряду в водний об'єкт. Вигорання лісів, лугов та інші пошкодження поверхневого покриву призводить до скорочення часу добігання опадів з водозбірної площі, збільшення паводкової витрати, затоплення більших територій, збільшення сміття, хімічних забруднень та пластику, що потрапляє в річки. В більшості військових конфліктів, що описані в літературі відмічається значне погіршення якості води в річках, пов'язане зі скидом стічних вод як побутових так і промислових. В результаті бомбардувань відбувається руйнування станцій очищення стічних вод, неможливість доставляти реагенти, необхідні для здійснення очищення, неможливість контролювати несанкціоновані скиди стічних вод призводить до забруднення поверхневих джерел водопостачання. В доповіді виконаний аналіз результатів досліджень якості поверхневих вод, які офіційно публікує Агентство водних ресурсів України та інші урядові та наукові організації. Моніторинг якості поверхневих вод проводиться на підконтрольній частині території України, наслідки бойових дій та діяльності росії на захоплених територіях поки оцінити не можливо.

**Тетяна Хомутецька**, доктор технічних наук

**Ірина Кондрицька**

**Тетяна Курбанова**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

**Віктор Нор**

*Інститут водних проблем і меліорації, Київ, Україна*

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПОЖИВАЧІВ СІЛЬГОСПВОДОПРОВОДІВ ЯКІСНОЮ ПИТНОЮ ВОДОЮ**

Забезпечення споживачів якісною питною водою є одним із найважливіших завдань, які стоять перед державою, фахівцями водопровідної галузі та працівниками відповідних служб. Якщо питанням, пов'язаним з господарсько-питним водопостачанням, у великих містах здебільшого приділяється значна увага, то ситуація з водозабезпеченням сільського населення є набагато гіршою. Так, за даними Національної доповіді про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2021 році питома вага проб питної води, відібраних із джерел централізованого водопостачання, що не відповідали стандарту за санітарно-хімічними й мікробіологічними показниками становила для комунальних водопроводів, відповідно, 18,2% та 5,1% (у 2020 році 16,8% і 4,7%), в той час як для сільських водопроводів ці показники були майже вдвічі більшими – відповідно, 28,9% та 11,9% (у 2020 році 26,9% і 13,8%). Із загальної кількості сільських водопроводів, на яких проводили дослідження, питома вага тих, де результати лабораторних аналізів води не відповідали нормативам, склала 38,3%. Крім того, з року в рік спостерігається тенденція до погіршення показників якості питної води з сільських централізованих систем водопостачання. Така ситуація пов'язана зі зміною форм власності та передачею сільських водопроводів на баланс органів місцевого самоврядування, що загостило проблему забезпечення населення питною водою гарантованої якості. Переважна більшість водопровідних систем нині знаходяться в незадовільному технічному стані, а населенню потрібно проводити ремонти за свої кошти. Досі на багатьох сільських водопроводах немає очисних споруд та знезаражуючих установок, відсутній виробничий лабораторний контроль якості питної води. Разом з тим, централізованим водопостачанням забезпечено лише четвертину сіл України, а решта сільських споживачів використовує воду з колодязів та індивідуальних свердловин, які у багатьох випадках перебувають у незадовільному санітарно-технічному стані, що не забезпечує споживачів якісною питною водою. Незадовільний санітарно-технічний стан споруд і мереж негативно впливає й на якість води централізованих сільгоспводопроводів. Так, відсоток їх зношеності у різних регіонах становить від 30% до 70%, а капітальні й поточні планово-профілактичні ремонти та ліквідації аварій здійснюються несвоєчасно. Причому це стосується не тільки якихось віддалених від обласних центрів сіл, а й розташованих в безпосередній близькості від столиці населених пунктів. Так, лабораторний аналіз проби, взятої у жовтні 2023 року з системи централізованого водопроводу в селі Велика Олександрівка, що знаходиться в Бориспільському районі Київської області, показав невідповідність досліджуваної води стандарту якості. Особливо значним виявився показник вмісту заліза, який перевищував нормативне значення ( $0,2 \text{ мг/дм}^3$ ) в

десять разів. Як відомо, вода з високим вмістом заліза може негативно впливати на здоров'я людей, роботу побутових та сантехнічних приладів в оселях, змінювати гідравлічні характеристики системи водопостачання, збільшуючи експлуатаційні витрати. Така вода має підвищені показники каламутності і кольоровості, їй притаманний рудий відтінок, що створює перешкоди для пиття, приготування їжі, прання білизни, миття посуду, прийняття душу тощо. Вода з гідроксидом заліза з часом лишає по собі стійкий наліт на сантехнічних приладах, що псує їх зовнішній вигляд. Причинами високих показників заліза у водопровідній воді села можуть бути не тільки підвищений вміст заліза у підземному джерелі водопостачання, а й багаторічна експлуатація споруд, що давно виробили свій термін, особливо мереж, прокладених з азбестоцементних та сталевих трубопроводів, які піддалися корозії. Поліпшити ситуацію дозволяє реконструкція системи водопостачання, що включає заміну водопровідної мережі, будівництво водонапірної башти з вмонтованою всередині неї водознезалізнюючою установкою, автоматизацію роботи свердловинного насоса та башти. Водознезалізнююча установка обладнується аератором для насичення підземної води киснем повітря, біореактором для окислення двовалентного заліза і переведенням його у тривалентну форму, контактено-прояснювальним фільтром для затримання утворених пластівців з гідроксиду заліза у легкому плаваючому завантаженні. Такі рішення при відносно простій експлуатації системи водопостачання дозволять забезпечити споживачів села якісною питною водою.

### **Євгеній Маврикін**

*Інститут водних проблем і меліорації НААНУ, Київ, Україна*

## **НОВІ ВИМОГИ ДО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ ТА ВМІСТ ХЛОРИТІВ У ВОДОПРОВІДНІЙ ПИТНІЙ ВОДІ ПІСЛЯ ЇЇ ОБРОБКИ ДІОКСИДОМ ХЛОРУ**

Забруднення навколишнього природного середовища на фоні кліматичних змін, недосконале законодавство з охорони довкілля та ведення бойових дій на території України призводять еколого-економічних збитків та кризи у сфері питного водопостачання. У деяких населених пунктах водопровідна питна вода або зовсім відсутня, або її якість не відповідає гігієнічним вимогам, що є чинником захворюваності та смертності людей.

До початку війни в Україні був відсутній нормативний документ з якості питної води у періоди надзвичайних ситуацій, тому терміново за нашою участю у перші місяці війни були розроблені ДСанПіН «Гігієнічні вимоги до виробництва питної води централізованої системи питного водопостачання в умовах воєнного стану та надзвичайній ситуації іншого характеру» (на сьогодні затверджені наказом МОЗ від 22.04.22 р. № 683, зареєстрованим в Мінюсті України 25.05.22 р. № 564/37900). Під час цієї роботи було проведено наукове обґрунтування проблемних показників якості основного джерела питного водопостачання в Україні (р. Дніпро) та розроблені принципи контролю якості питної води для попередження негативної її дії на здоров'я населення в умовах ведення бойових

дій на території України, зокрема, для виявлення раптового забруднення питної води.

Якщо порівнювати отримані дані з якості води в місці питного водозабору Дніпровської водопровідної станції м. Києва за вмістом органічних речовин та загального заліза у 2002 рр. та 2021 р., то вона погіршилася (ХСК – у 1,3 рази, ПО – у 1,4 рази, кольоровість – у 1,5 рази, ЗОВ та заліза – у 1,9 рази), а якщо порівнювати дані 2021 р. та 2023 р. – суттєво погіршилася передусім за ХСК (у 1,5 рази), кольоровістю (у 1,7 рази) та залізом (у 1,9 рази), коефіцієнтом кольоровості (співвідношенням кольоровості до перманангнатної окиснюваності – у 1,4 рази) не дивлячись на те, що дані 2023 р. були зібрані лише за перше півріччя, коли якість води зазвичай краща, тому, на нашу думку, ймовірно погіршення сталося через ведення бойових дій на території України. Вміст органічних речовин у воді річки Дніпро не відповідає вимогам до вихідної води водопровідної станції з традиційною схемою очищення – ГР «Гігієнічні нормативи якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення», однак цей документ не відповідає вимогам європейського законодавства. Але без сумніву на сьогодні є актуальним посилити дезінфекційну здатність водоочисних технологій на водопровідній станції, що використовують дніпровську воду та хлор (або гіпохлорит натрію), та мінімізувати вміст побічних продуктів дезінфекції (тригалогенметанів), наприклад, за допомогою використання діоксиду хлору.

Нами проведено аналіз застосування діоксиду хлору для обробки водопровідної питної води на Дніпровській водопровідній станції м. Києва та встановлено, що у 2021 р. після подвійного хлорування діоксидом хлору (середня доза перша –  $1,74 \pm 0,03$  мг/л, друга –  $0,27 \pm 0,01$  мг/л) (влітку близько місяця у комбінації з гіпохлоритом натрію) та обробки коагулянтами (сульфат алюмінію та хлорид заліза) вміст хлоритів у питній воді, що є побічними продуктами відповідного знезараження, відповідає нормативу згідно з Директивою 2020/2184/ЄС щодо якості води, призначеної для споживання людиною, ( $\leq 0,7$  мг/л), що чинний майже у всіх країнах ЄС. Первинні дози діоксиду хлору відповідали ефективним дозам з погляду дезінфекції (близько  $1,5$  мг/дм<sup>3</sup>) та були більші за вторинні у 5-8 разів. Виявлено, що концентрація хлоритів у питній воді максимальна на вході у змішувач після первинної обробки діоксидом хлору (утворюються у кількості 40-60 % від первинної дози діоксиду хлору), а потім знижується внаслідок перебування води у змішувачі (на 10-90 %) в залежності від дози хлорного заліза, у відстійнику та швидкому фільтрі із засипкою піском (на 20-60 %). Протягом транспортування водоводом та розподільною мережею концентрація хлоритів не змінювалась, а отже, місце відбору проб для визначення хлоритів у питній воді може бути в РЧВ або у споживачів. Хлорування очищеної питної води гіпохлоритом натрію (доза – 2 мг/л) у розподільній мережі не впливає на концентрацію хлоритів у питній воді та призводить до утворення в ній тригалогенметанів у кількості  $\leq 60$  мкг/л, що відповідає вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною».

**Степан Епоян**, доктор технічних наук

**Тамара Айрапетян**, кандидат технічних наук

**Олександр Гайдучок**, кандидат технічних наук

**Олександр Вельможний**, магістрант

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

## **ДО ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ВІДСТІЙНИКА**

Сьогодні очистка вод з поверхневих джерел відбувається за різними технологічними схемами. Найбільш поширені реагентні двоступінчасті схеми з горизонтальними відстійниками на першій ступені та швидкими фільтрами на другому ступені.

До недоліків горизонтального відстійника можна віднести те, що при експлуатації в просторі між пластинами нерівномірно відкладається осад, який змінює швидкість руху в просторі та тим самим значно впливає на рівномірність розподілу води по перерізу відстійника, тому його треба видаляти, а для цього треба зупиняти роботу відстійника. Позапланова зупинка відстійника для видалення осаду з просторів між пластинами потребує його спорожнення, а потім наповнення, що призводить до збільшення експлуатаційних витрат і гідравлічних навантажень на інші відстійники, а також знижує надійність роботи цих споруд.

Метою проведених досліджень було зменшення додаткових витрат води при видаленні осаду з просторів між пластинами, тобто зменшення експлуатаційних витрат і гідравлічних навантажень на інші відстійники, підвищити якість очистки води, значно зменшити поздовжню циркуляцію в споруді, тобто підвищити коефіцієнт об'ємного використання відстійника.

Питання вирішується за рахунок того, що система відводу виконана гідравлічною з дірчастих труб і працює періодично, а струменеспрямовуючі пластини або труби улаштовуються горизонтально в з'ємних модулях, при цьому відстань між пластинами або діаметр труб зменшується знизу вгору тому, що потік рухається зі змінною масою вгору між струменеспрямовуючою стінкою та горизонтальними пластинами, або трубами, що дає можливість створити однакову швидкість руху води в прозорах між пластинами та збільшити рівномірність її розподілу по перетину відстійника, а з'ємні модулі виймаються та промиваються за межами відстійника, що скорочує експлуатаційні витрати та зменшує гідравлічне навантаження на інші відстійники. Система відводу освітленої води виконується із пористої або перфорованої телескопічної труби, яка по напрямних спускається та піднімається залежно від фізико-хімічних показників води.

Протягом року фізико-хімічні показники якості води та витрати змінюються, тому і горизонтальні відстійники працюють при різних витратах і якості води. Розроблена система відводу освітленої води дозволяє рівномірно збирати та відводити освітлену воду по ширині відстійника.

Запропонований горизонтальний відстійник дозволяє підвищити якість очищення води, зменшити додаткові витрати при скиді осаду з розподільчої системи, а також підвищити надійність роботи.

**Валерій Макаренко**, доктор технічних наук

*Херсонський національний технічний університет, Україна*

**Сергій Максимов**, доктор технічних наук, член-кореспондент НАНУ

*Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАНУ, Київ, Україна*

**Юлія Макаренко**

*Університет Манітоби, Канада*

**Тетяна Аргатенко**, кандидат технічних наук

**Віктор Поліщук**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СТАЛЕВИХ ВОДОВОДІВ НА ЗМІНИ В СТРУКТУРІ МЕТАЛУ**

Руйнування конструкцій водоводів призводить до негативних економічних і екологічних наслідків. Існуючі науково-технічні та технологічні розробки стосовно забезпечення надійної корозійно-механічної стійкості і довговічності водоводів не є достатньо системними, тож виникла необхідність докладного вивчення причин, умов і механізмів корозійно-механічних ушкоджень тривало експлуатованого обладнання. Проведені лабораторно-експериментальні дослідження впливу терміну експлуатації сталевих водопровідних труб на структуру та вміст шкідливих домішок. Вивчалися причини та механізми деградації металоконструкцій тривалої експлуатації в хімічно-агресивних технологічних середовищах.

Насичення воднем поверхневих шарів сталі пояснюється деградацією і розрихленням підповерхневих шарів та високою концентрацією в металі труб кисню, сульфур, карбону. Гідроген накопичується в дефектах прокату або вступає у взаємодію з сульфідними включеннями, утворюючи нестійкі з'єднання. Атомарний гідроген може проникати в метал раніше, ніж утворюються молекули водню. Передумовою для цього є наявність неметалевих включень, які є колекторами гідрогену і місцями його інтенсивного проникнення в метал. На ці процеси впливає також вміст сульфур, який уповільнює рекомбінацію атомів водню, підвищує ефективну концентрацію поглиненого металом водню та знижує тріщиностійкість в зоні максимальних двовісних напружень. Основна роль включень типу  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  і  $\text{MnS}$  полягає в утворенні порожнин на границі поділу "матриця-включення", які й відіграють роль колекторів гідрогену. При цьому особливе значення має природа включення – крихкі силікати та глинозем руйнуються в процесі термомеханічної обробки при виготовленні трубного прокату, збільшуючи кількість пасток, тоді як пластинчасті сульфідні здатні деформуватися без порушення поверхні розділу.

Методами рентгеноструктурного аналізу визначені параметри кристалічної решітки  $\alpha$ -матриці; проведена оцінка рівня пружних деформацій решітки (мікронапруження викривлення), а також розподілу карбону у фериті та цементиті. Встановлено, що збільшення терміну експлуатації трубних сталей спричиняє підвищення вмісту карбону у фериті. При цьому поверхневі шари метала адсорбують значну кількість газів. Особливо сильно це проявляється в області корозійних дефектів (виразок, пітингів). Водночас збільшення терміну експлуатації трубних сталей веде до розпаду цементиту, що підтверджується зменшенням концентрації вуглецю в ньому.



Встановлено, що з ростом терміну експлуатації водоводів суттєво зменшується масова частка цементиту ( $Fe_3C$ ) в металі, що свідчить про втрату міцності трубних сталей і зниження їх спротиву корозійно-механічним руйнуванням.

З використанням металографічних методів дослідження встановлено, що корозійні ушкодження трубних сталей супроводжуються їх активним наводненням, внутрішнім окисненням і окрихченням, що призводить до міжзеренного розпаду структури, який особливо поглиблюється в процесі довготривалої експлуатації. Показана деградуюча дія водню на кристалічну структуру металу, яка створює умови для руйнування трубопровідних конструкцій.

**Сергій Шаманський, доктор технічних наук**

**Назарій Стецюк**

**Владислав Горбонос**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ПРИВЕДЕНОГО БЕТОНУ ДЛЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД**

Одним з важливих складових при проектуванні гідротехнічних споруд є виконання техніко-економічних розрахунків (ТЕР). В багатьох випадках проектування великих і складних об'єктів потребує попереднього техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) для вибору оптимальних проектних рішень. Відповідно до вимог ДБН А.2.2-3:2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво» техніко-економічне обґрунтування розробляється для об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури, що потребують технічного та економічного обґрунтування прийнятих рішень, а також визначення можливих варіантів будівництва і доцільності їх реалізації.

Сучасні вимоги до гідротехнічних споруд не обмежуються тільки технічними вимогами. Споруда повинна не тільки забезпечувати ефективне і точне виконання завдань свого функціонального призначення та довговічною, але і відповідати критерію економічності, тобто бути дешевою у будівництві і експлуатації.

Одним з завдань при виконанні як ТЕР, так і ТЕО є розрахунок вартості будівництва споруди. В умовах кризової ситуації в економіці, нестабільності національної валюти і, відповідно, нестабільності цін на необхідні матеріали та виконувані роботи, це завдання виявляється складним.

При компонуванні споруд необхідно дотримуватися наступних загальних принципів:

- кожна споруда повинна найкращим чином виконувати свої функції та не чинити перешкод роботі інших споруд гідровузла (зокрема, не змінювати величину швидкості і напрямку течії на підходах до водоскидів, при відведенні води і льоду не повинно викликати ускладнення в роботі ГЕС, водозаборів, шлюзів та рибоходів);

- вартість гідровузла, з врахуванням щорічних експлуатаційних витрат, повинна бути мінімальною;

- конструкції споруд і їх компоновка повинна враховувати умови організації і виробництво робіт та забезпечувати зведення гідровузла в найкоротші строки (забезпечувати зручний та надійний пропуск будівельних витрат, допускати часткове підняття напору і пуск в тимчасову експлуатацію незакінченої споруди тощо);

- створювати гармонійний архітектурний ансамбль.

Загальний об'єм гідротехнічної споруди можна визначати за формулою

$$W_{ГТС} = \sum_{i=1}^n W_{ГГС} + \sum_{i=1}^m W_{ДГС} \quad (м^3),$$

де:  $W_{ГГС}$ ,  $W_{ДГС}$  – об'єм головних і допоміжних частин споруди відповідно,  $м^3$ ;  $n$ ,  $m$  – кількість головних і допоміжних частин споруди відповідно, шт.

Загальний об'єм приведенного бетону, необхідного для будівництва гідротехнічної споруди можна визначати за формулою

$$W_{ПР.БЕТ} = \sum_{i=1}^n \left( W_{ГГС} \cdot \frac{M_{ПР.Б}}{M_{Б.ГГС}} \right) + \sum_{i=1}^m \left( W_{ДГС} \cdot \frac{M_{ПР.Б}}{M_{Б.ДГС}} \right) \quad (м^3),$$

де:  $M_{ПР.Б}$ , марка (міцність) приведенного бетону;  $M_{Б.ГГС}$ ,  $M_{Б.ДГС}$  – необхідна марка (міцність) бетону для будівництва головних та допоміжних частин гідротехнічної споруди відповідно.

Вартість приведенного бетону, необхідного для будівництва гідротехнічної споруди, можна визначати за формулою

$$C_{ГТС} = C_{ПР.Б} \cdot W_{ПР.Б} \cdot k \quad (\text{грн.}),$$

де:  $C_{ПР.Б}$  – питома вартість приведенного бетону,  $\text{грн}/м^3$ ;  $k$  – коефіцієнт неврахованих витрат.

Серед переваг використання методу приведенного бетону можна виділити наступні:

- приведений бетон враховує фактори, що впливають на міцність, тим самим забезпечує більш точні розрахунки;

- точність визначення необхідної кількості матеріалів при використанні методу приведенного бетону дозволяє заощадити кошти на будівництві гідротехнічної споруди;

- врахування різних факторів сприяє зменшенню ризику виникнення проблем з міцністю гідротехнічної споруди.

Серед недоліків використання методу можна назвати:

- розрахунок необхідного об'єму приведенного бетону є складним завданням, оскільки для цього необхідно враховувати різні фактори;

- для застосування методу необхідним є вирішення спеціалізованих завдань в галузі будівельної механіки, що можуть бути досить складними.

**Валерій Макаренко**, доктор технічних наук

*Херсонський національний технічний університет, Україна*

**Володимир Гоц**, доктор технічних наук

*Володимир Піпа*, кандидат технічних наук

**Володимир Савенко**, кандидат технічних наук

**Оксана Бердник**, кандидат технічних наук

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ТРУБНИХ СТАЛЕЙ ПІДЗЕМНИХ СИСТЕМ ВОДОВІДВЕДЕННЯ**

Освоєння і експлуатація водоносних горизонтів України із складними інженерно-геологічними умовами обумовлюють особливі вимоги до якості труб, зварювально-монтажних і ізоляційних робіт при будівництві водоводів, які представляють собою складні технічні системи. Руйнування таких конструкцій, як правило, призводить до негативних економічних і екологічних наслідків, тож експлуатація трубопроводів пов'язана з небезпекою для обслуговуючого персоналу, населення та навколишнього середовища. Аналіз літературних даних і результатів власних багаторічних спостережень показує, що основні проблеми промислової безпеки і надійності трубопровідних конструкцій пов'язані з тривалим терміном їх експлуатації.

Встановлено, що значення критичного напруження  $S_k$  для усіх дослідних сталей з ростом терміну експлуатації збільшується, а ударної в'язкості зменшується, що свідчить про структурне окрихчення трубних сталей, пов'язане з їх різким наводненням. Показано, що найбільш високими в'язко-пластичними властивостями і спротивом крихкому руйнуванню володіє нова сталь марки 20ФА, яка економно модифікована карбідоутворюючим елементом (ванадій) і відрізняється дрібнозернистою структурою та має низький вміст шкідливих домішок (сірка, фосфор). Рентгеноструктурними методами оцінено мікронапруження кристалічної решітки  $\alpha$ -Fe, а також кількісний розпад цементиту і перерозподіл вуглецю між феритом і перлітом. Нова сталь марки 10ФА рекомендується для використання у будівництві нафтогазопроводів та, наприклад, мостових конструкцій, які постійно знаходяться під циклічними навантаженнями при одночасному контакті з корозійно-агресивним середовищем. Вперше визначено вплив терміну експлуатації нафтопроводів на вміст водню і мікровідкол в трубних сталях нафтопроводів.

Як відомо із численних літературних даних, практики і досвіду авторів даної статті, низьколеговані будівельні сталі в теперішній час характеризуються недостатньо високими і стабільними корозійно-механічними властивостями, а також спротивом проти втомного руйнування в процесі тривалої експлуатації в агресивних середовищах зокрема в морській соляній воді, особливо в присутності бактерій). Такий стан пояснюється недостатнім розкисненням і десульфурацією виплавленої сталі. Встановлено, що введення в сталь, розкиснену алюмінієм, кальцію приводить, як правило, до появи в ливарному металі неметалевих включень, які можуть містити оксиди, сульфідні, а також оксисульфідні, що сприяє засміченості прокату. Однак, із металургійних джерел відомо, що при

оптимальному вводити в рідкий розплавлений метал домішок кальцію в кількості 0.002-0.004% при температурі 1600°C рідкі алюмінати кальцію надають утвореним неметалевим включенням глобулярну форму, які легко коагулюють і при кристалізації швидко видаляються із металу, що, в свою чергу, сприяє значному зниженню забрудненості сталевого прокату шкідливими неметалевими включеннями .

Слід відмітити, що роль кальцію при добавленні в метал в процесі виплавки зводиться не тільки до зміни форми і дисперсності (кількості і розмірів), але й до можливості суттєво впливати на механічні властивості сталі завдяки явищ, пов'язаних з міжкристалічною внутрішньою адсорбцією. А тому зміни в структурі ливарної сталі, економно легованої кальцієм, обумовлено тим, що кальцій, виявляючись поверхнево-активним елементом, адсорбуючись на поверхні ростучих гілок дендритів (кристалів) затримує їх ріст, сприяючи тим самим як росту гілок високого порядку, так і виникненню нових центрів кристалізації. Як наслідок такої дії кальцію є дезорієнтований ріст дендритів і роздрібнення дендритної структури. Крім того, кальцій як поверхнево-активна домішка прагне вийти із об'ємів фаз і кристалів на утворену нову поверхню. В роботі представлені оцінки якості макроструктури ливарних заготовок сталі марки 13Г1СУ, обробленої кальцієвмісним дротом, які характеризуються практично повною відсутністю дефектів по ліквіційним смугам точкової неоднорідності, осьовим і кубло образним тріщинам і поверхневому науглецюванню.

Таким чином, враховуючи термодинамічну активність модифікатора кальцію до таких шкідливих елементів як сірка і фосфор, можна відмітити, що вилучення і зв'язування розчинених в сталі шкідливих домішок в стійкі з'єднання наряду з одночасною глобулярністю неметалевих включень, виявляється двома важливими сторонами впливу кальцію на пластичні і в'язкі властивості сталі. В дослідженнях вчених-металургів, а також в інших роботах, направлених на вивчення впливу кальцію на якість судно-будівельних сталей, було показано, що максимальний рівень пластичності і найменша забрудненість НВ-включеннями забезпечується при вмісті кальцію в металі в межах 0.002-0.004%. Однак в цих роботах дослідження виконували на прокатних листах з максимальним вмістом кальцію 0.0055%, в той же час при концентрації кальцію більше 0.004% спостерігалась деяка тенденція до зниження властивостей прокату в Z-напрямку. Такі результати спонукають до продовження досліджень впливу більшої концентрації кальцію (0,004...0,009%) в металі на його якість.

**Андрій Шевченко**, кандидат технічних наук

*LPP S.A., Гданськ, Польща*

**Олексій Мясоєдов**, магістр з хімії

*Esmil Process Systems Ltd., Великобританія*

**Тамара Шевченко**, кандидат технічних наук

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

## **ЩОДО ПИТАННЯ ЗНЕВОДНЕННЯ ДИГЕСТАТУ СТІЧНИХ ВОД ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

Питання зневоднення та утилізації осадів стічних вод є одним з актуальних через гостру нестачу земельних ресурсів, негативне екологічне навантаження на водні ресурси, ґрунти та атмосферу цих осадів у разі їх накопичення без належної обробки. Однією з найбільш навантажених за органічними забрудненнями осадів стічних вод є харчова промисловість. Зазвичай осади зі значним вмістом органічної складової стабілізують в анаеробних умовах в метантенках з метою отримання енергетичного ресурсу – біогазу. Іншим продуктом, окрім біогазу, є сам анаеробно зброджений осад (так званий дигестат), який у разі дотримання санітарно-гігієнічних вимог може бути використаний у вигляді добрива.

Проте сам мінералізований осад стічних вод харчової промисловості потребує обробки шляхом зневоднення і подальшої можливої утилізації. На основі проведених експериментальних досліджень запропонована технологічна схема обробки дигестату стічних вод харчової промисловості, яка включає зневоднення анаеробно стабілізованого осаду на мультидисковому дегідраторі із застосуванням розбавлення самого осаду через його значну в'язкість, додавання коагулянту та флокулянту. Кек з вологістю близько 65–80% може бути транспортований та використаний у вигляді добрива для сільського господарства. Відокремлений фільтрат від дигестату за технологічною схемою пропонується очищати на двох ступенях мембран, що дозволить використовувати отриманий пермеат для виробничих потреб підприємств. Отримані продукти (кек та концентрати після мембран) можна використовувати у вигляді добрив.

**Микола Ситніченко**, кандидат технічних наук

*Державне підприємство «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний  
інститут міського господарства», Київ, Україна*

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури, Україна*

## **МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄМУ СТОКУ ПОВЕРХНЕВИХ СТІЧНИХ ВОД НА ПРИКЛАДІ МІСТА КИЇВ**

Хоча спостереження за негативним впливом поверхневого стоку на якість води в водних об'єктах мають тривалу історію, розробка національних нормативних актів, які регулюють якість поверхневих вод, відбулася тільки у 2022 році. Відповідно був прийнятий Закон України «Про водовідведення та очищення стічних вод», що вступив в дію в серпні 2023 року та є частиною процесу адаптації

законодавства України в галузі водовідведення згідно Директиви Ради Європи 91/271/ЄЕС «Про очистку міських стічних вод».

У роботі проаналізовано проблема визначенні обсягу річного поверхневого стоку який підлягає очищенню на очисних спорудах. Використовуючи дані гідрометеорологічної служби про максимальну добову кількість опадів різної забезпеченості для міста Київ, були отримані залежності розподілу ймовірності добових шарів опадів, у вигляді загальної глибини опадів і загальної тривалості опадів. Підтверджено висновок що переважний обсяг стоку визначається мікродощами які мають велику частоту повторюваності.

Проблема знаходження співвідношення опадів і стоку в нормативних документах України висвітлена дуже примітивно і приблизно тому виникає необхідність визначення глибини стоку на більш довершеній основі з урахуванням інфільтрації яка визначається параметрами фільтраційних властивостей ґрунтів. Вплив водонепроникності на шар стоку визначено через моделювання з використанням розподіленої моделі SWMM.

Запропоновано параметр  $F/P$  який характеризує об'єм втрат від загальної кількості опадів в залежності від властивостей поверхні, а саме водонепроникності й коефіцієнту фільтрації. Моделювання дозволило отримати залежність параметра  $F/P$  від коефіцієнта фільтрації і водонепроникності площі водозбору. Розрахунки підтвердили що стік в більшості випадків утворюється в результаті випадання опадів значення яких перевищує 2,5 мм. Для міста Київ розраховано об'єм стоку поверхневих стічних вод за теплий період року з площі 1 га в залежності від коефіцієнта фільтрації ґрунту при водонепроникності 60 %. В результаті цих досліджень рекомендується, щоб очисні споруди вловлювали та очищали дощові стоки з ймовірністю від 70 до 90 % від загальної глибини опадів які випадають на територію водозбору. При цьому значення об'єму стоку поверхневих стічних вод повинно бути підтверджено розрахунком.

### ***Микола Ситніченко, кандидат технічних наук***

*Державне підприємство «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут міського господарства», Київ, Україна*

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури, Україна*

### **ВИКОРИСТАННЯ ЕКСПОНЕНЦІЙНОГО РОЗПОДІЛУ В ЯКОСТІ СИНТЕТИЧНОЇ КРИВОЇ ОБ'ЄМУ СТОКУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ОБСЯГУ ПОВЕРХНЕВОГО СТОКУ**

У роботі проаналізована проблема визначення об'єму стоку з басейну за допомогою методів моделювання стоку з використанням однопараметричного експоненціального розподілу.

Поверхневий стік впливає на водні об'єкти періодично, причому інтенсивність впливу різко коливається. На території нашої країни основна кількість рідких опадів випадає у вигляді дощів малої інтенсивності. Отже, більша частина забруднень, що накопичуються на території водозбірного басейну виноситься у водойми з невеликими витратами води.

Існує багато рекомендацій щодо моделювання розподілу повних рядів даних про кількість опадів, таких як експоненціальний розподіл,

однопараметричний розподіл Пуассона, двопараметрична модель гамма-розподілу.

Використовуючи дані гідрометеорологічної служби про максимальну добову кількість опадів різної забезпеченості для деяких метеостанцій які розташовані по всій території України, були отримані залежності розподілу ймовірності добових шарів опадів, у вигляді загальної глибини опадів і загальної тривалості опадів.

В результаті розгляду залежностей розподілу ймовірності добових шарів опадів встановлено що для періодів повторюваності 0,05 0,075 і 0,1 року величини добового шару опадів для всієї території України не перевищують значення 10,3 мм і це значення майже збігається з ДБН В.2.5-75-2013 в якому зазначено що величина добового шару опадів для всієї території України при відсутності даних багаторічних спостережень допускається ухвалювати 10 мм, що забезпечує приймання на очищення не менш 70 % річного обсягу поверхневого стоку.

Ймовірність дощу із заданою сумою опадів пов'язана із шаром опадів через експонентний розподіл відмов який зображує розподіл ймовірності неперевищення глибини опадів, що представляє можливість мати глибину події, яка не перевищує проектну глибину.

В результаті апроксимації розподілу ймовірності добових шарів опадів одержані значення частоти подій і середнього значення глибини добових шарів опадів для різних регіонів України й коефіцієнтів кореляції.

Використання кумулятивного експоненціального розподілу надає можливість отримати синтетичну криву об'єму стоку для визначення обсягу річного поверхневого стоку який підлягає очищенню на очисних спорудах.

**Андрій Мац**

**Олена Мітрьова**, доктор педагогічних наук

**Віктор Смирнов**, кандидат геологічних наук

*Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Миколаїв, Україна*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ВОД БУЗЬКОГО ЛИМАНУ ЗА ІНТЕГРОВАНИМИ ГІДРОХІМІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ**

Вода є стратегічним ресурсом, який може виступати, як стратегічна, тактична та психологічна зброя під час збройних конфліктів. На тлі того, що якість поверхневих вод, які є джерелом питної води для 80% населення України, є незадовільною і характеризується підвищеним вмістом антропогенних забруднювачів, а підземні води, як правило, характеризуються підвищеною жорсткістю, мінералізацією, а також наднормативним вмістом органічних речовин тощо, вивчення стану поверхневих вод, особливо, під час військових дій є особливо актуальним питанням.

Мета дослідження полягає в оцінюванні стану поверхневих вод у межах міста Миколаєва за умов воєнного стану. Відповідно до мети було поставлено завдання: виділити критичні інтегровані гідрохімічні показники якості води та здійснити порівняльний аналіз стану поверхневих вод. Об'єктом дослідження є

водна проблема міста під час військових дій та поверхневі води у межах міста Миколаєва, а саме води Бузького лиману. У процесі дослідження надано оцінку стану поверхневих водних ресурсів, яка охоплювала аналіз компонентів сольового складу, а саме хлоридів, сульфатів. Трофо-сапробіологічний (еколого-санітарний) індекс визначався, враховуючи абсолютні значення показників: зважені речовини, рН, фосфати, розчинений кисень, БСК<sub>5</sub>. Для визначення індексу специфічних показників токсичної дії використовувались абсолютні значення компонентів: Купрум, Цинк, нафтопродукти тощо. Визначено, що категорія якості вод за компонентами сольового складу у довоєнний час складає 6,1, що менше, порівняно з 2022 роком (6,5); за трофо-сапробіологічними показниками (еколого-санітарними) – довоєнний час складає 4,3, що менше, порівняно з 2022 роком (5,0); за специфічними показниками – у довоєнний час менше і складає 4,7 порівняно з 2022 роком, коли цей індекс склав 5,0. Усі визначені класи якості поверхневих вод відповідають ступеню забрудненості «брудні» або «дуже брудні» та стану «погані» або «дуже погані». Упродовж 2022-2023 років простежується усталена тенденція щодо поступового збільшення показника жорсткості, сухого залишку, сульфатів, хлоридів у поверхневих водах. Рівень рН, БСК<sub>5</sub>, розчинного кисню з незначними відхиленнями коливається у межах норми.

**Олена Дупляк**, кандидат технічних наук

**Віталій Стеценко**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

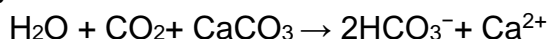
### **ВПЛИВ ШАРУ ЗАВАНТАЖЕННЯ З CALCITE НА ЗМІНУ рН ТА ВМІСТУ CO<sub>2</sub> НА РОБОТУ НАПІРНИХ ФІЛЬТРІВ З КАТАЛІТИЧНИМ ЗАВАНТАЖЕННЯМ**

При децентралізованому водопостачанні в більшості випадків джерелом водопостачання є вода з підземних свердловин. В більшості свердловин спостерігаються підвищений вміст заліза, марганцю, які значно перевищують існуючі нормативні вимоги. Вміст заліза коливається в межах 2,0...8,5 мг/л, вміст марганцю в межах 0,1...0,5 мг/л, також більшість підземних вод характеризується помірним рівнем рН 6,6...7,2. При очищенні води на локальних очисних спорудах застосовують напірну фільтрацію на швидких автоматичних фільтрах з каталітичними матеріалами: Birm, GreenSand Plus, Filter Ox. З діаграми Пурбе інтенсифікація процесу окиснення заліза та марганцю відбувається при вищих значеннях рН. Всі сучасні каталітичні матеріали вимагають рН води від 6,2, тому будь-яке підвищення рН буде сприяти інтенсифікації процесу окиснення заліза та марганцю з розчинених форм у нерозчинні з подальшим їх видаленням на шарі каталітичних матеріалів. В локальних схемах очищення води підвищення рН для інтенсифікації процесу повинно бути простим у застосуванні. В якості завантаження для підвищення рН можуть бути використані такі матеріали, як Calcite, основа якого – CaCO<sub>3</sub>, Corosex основа якого – MgO, доломіт, основа якого – CaCO<sub>3</sub>·MgCO<sub>3</sub>. При дослідженні матеріалу доломіт з'ясувалось, що оскільки він має густину 2,85 г/см<sup>3</sup>, яка більше щільності каталітичних матеріалів, це унеможлиблює його застосування у якості верхнього більш легкого матеріалу, що буде першим розташовуватися у фільтрі. Також цей матеріал має меншу динаміку



збільшення рН ніж Corosex та Calcite. Corosex має меншу щільність (1,2 г/см<sup>3</sup>) ніж інші вибрані матеріали, але підвищує рН вище існуючих нормативних вимог, особливо в моменти простою, що робить застосування даного фільтруючого матеріалу неможливим в фільтрах з автоматичним режимом роботи. Найкращим матеріалом для підвищення рН перед подачею води на каталітичні матеріали є фільтруючий матеріал Calcite. Він має густину 1,44 г/см<sup>3</sup>, яка є на 40-50% меншою за густину більшості каталітичних матеріалів та завжди буде залишатися у якості верхнього фільтруючого шару в процесі регенерації фільтру, та першим буде вступати в контакт з водою. рН води, навіть при довготривалому контакті, що включає режим простою фільтру, при температурі вихідної води до 20°C не перевищує нормативних значень 6,5 -8,5.

Реакція, за якою буде відбуватися процес розчинення фільтруючого матеріалу Calcite та зв'язування CO<sub>2</sub>:



Отже Calcite є оптимальним матеріалом, який може бути застосованим для підвищення рН природних підземних вод, з метою інтенсифікації роботи фільтрів з каталітичним матеріалом у фільтрах з автоматичною регенерацією.

**Юрій Копаниця**, кандидат технічних наук

**Олена Гіжа**, кандидат технічних наук

**Євген Павлов**, кандидат технічних наук

**Богдан Кострич**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ВЕБ ІНТЕРФЕЙС ТА КОМП'ЮТЕРНІ РОЗРАХУНКИ ЕЛЕМЕНТІВ РОЗГАЛУЖЕНОЇ МЕРЕЖІ В CAS MAXIMA У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ**

Напірні трубопроводи є важливою частиною водогосподарської інфраструктури. Водопровідні мережі перекачують рідину до споживача за допомогою насосів (або подають її від водонапірної башти) на задані відмітки (задані точки).

Від правильного розрахунку і надійної роботи цих ділянок залежить функціонування всієї міської інфраструктури.

В даній роботі показано реалізацію комп'ютерного розрахунку одного з варіантів розгалуженої мережі із використанням чисельних методів в системі комп'ютерної алгебри CAS MAXIMA та використання онлайн програми – [https://www.k123.org.ua/jg\\_IH\\_job1.html](https://www.k123.org.ua/jg_IH_job1.html).

В роботі представлено :

- дослідження варіанту програмування спеціальної веб-сторінки для постановки навчальної задачі у текстовому, графічному та аудіо форматі;
- розроблено веб-інтерфейс для вводу вихідних даних;
- реалізовано захищені онлайн розрахунки в програмі із клієнт–серверною архітектурою (роздільний доступ до варіативного функціоналу по пароллю);
- в програмі відображаються розраховані межі зміни вихідних параметрів;
- передбачена візуалізація результатів окремого ітераційного розрахунку;

- забезпечено форматування табличного виводу результатів послідовних ітераційних розрахунків, оцінка відносної похибки із візуалізацією наявності (або відсутності) зони ізоляції кореня;
- графічне відображення схеми ділянки розгалуженої мережі із аналізом результатів розрахунків та методичними рекомендаціями, у разі доцільності, щодо зміни вихідних даних;
- візуалізація функціональної залежності й відображення відповідного інтервалу ітераційних розрахунків на спільному графіку.

Впровадження елементів комп'ютерних розрахунків у навчальному процесі дозволяє генерувати необмежену кількість індивідуальних варіантів вихідних даних. Впровадження комп'ютерного розрахунку вимагає наявності автоматичної онлайн генерації відповідей для кожного етапу ітераційних обчислень. Задача генерації онлайн відповідей покладена в основу розробки програми.

Розробка тестових наборів даних, наявність прикладів розрахунку будь-якого етапу ітераційних обчислень є обов'язковим етапом впровадження комп'ютерних розрахунків. Представлений варіант реалізації онлайн розрахунків дозволяє розв'язувати широке коло задач від перевірки до візуалізації отриманих рішень. Візуалізація всіх етапів ітеративних розрахунків на необмеженому наборі даних в межах вихідних даних даного типу задач є необхідним й важливим завданням розробленої програми.

Запропоновано навчальну онлайн платформу для дослідження оптимальності числового, графічного та аудіо форматів для постановки задачі. Досліджено формати веб-форми для вводу вихідних даних. Онлайн розрахунки скорочують час, який витрачається на типові одноманітні операції. Додаткові можливості миттєвих онлайн розрахунків та наочна графічна візуалізація результатів обчислення розширюють можливості моделювання окремих елементів розгалуженої мережі.

Онлайн розрахунки, необмежений відкритий доступ, наочна візуалізація результатів дослідження дозволяють з'ясувати взаємодію залежних та незалежних факторів й фізичні процеси, які відбуваються у водопровідній мережі.

Представлений один із елементів онлайн проекту - [https://www.k123.org.ua/jg\\_IH\\_job1.html](https://www.k123.org.ua/jg_IH_job1.html).

Онлайн програма дозволяє задіяти комп'ютерні розрахунки, розширити культуру використання прикладних математичних методів для інженерних розрахунків, познайомити з алгоритмами й структурами даних й вирішувати головну задачу підготовки майбутніх інженерів – забезпечити сучасний рівень освіти й готовність вирішувати нові задачі.

**Юрій Копаниця**, кандидат технічних наук

**Євген Павлов**, кандидат технічних наук

**Тетяна Толмачова**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **АНАЛІЗ ВАРІАНТІВ РОЗРАХУНКУ СИЛИ ГІДРОСТАТИЧНОГО ТИСКУ МЕТОДОМ K123**

Впровадження в освітній процес запропонованих багатоваріантних прикладів вирішення задач вимагає розробки теоретичної бази й практичних прикладних досліджень із запровадженням та використанням інформаційних технологій в навчальному процесі.

Розглянутий принцип багатоваріантності вирішення прикладів стандартних задач шляхом проведення обчислювального експерименту в системах комп'ютерної математики із використанням методів з різних розділів математики має бути покладено в основу навчального процесу.

Досліджено варіанти реалізації єдиного авторського методу трьох команд K123 (с) Kopanytsia Y.D, у якому задіяні методи різних розділів математики: аналітична геометрія, інтегральне числення, чисельні методи, структури даних та алгоритми, об'єднання континуальної та дискретної математики.

У якості тест-об'єкту обираєно максимально простий класичний стандартний приклад – визначення сили гідростатичного тиску на вертикальну плоску прямокутну поверхню із атмосферним тиском на вільній поверхні рідини. Приклад, який наводиться у більшості підручників із «Технічної механіки рідини та газу» або «Гідравліки» у XIX – XXI століттях (далі тест-об'єкт), представлено вихідними даними, результатами розрахунку й графічною ілюстрацією за посиланням <https://www.k123.org.ua/en/jh03e.html> (с) Kopanytsia Y.D.

В роботі представлено :

- результати онлайн розрахунку та генерація виводу параметрів вектора сили й рисунку епюри гідростатичного тиску;
- аналіз класичного розрахунку й аналітичний розрахунок за методом трьох команд K123 (с) Kopanytsia Y.D в системі CAS MAXIMA;
- аналіз класичного розрахунку й функціональні залежності отримані за аналітичними розрахунками методом трьох команд K123 (с) Kopanytsia Y.D в системі CAS MAXIMA;
- аналіз візуалізації та масштабування функціональних залежностей, які отримані за аналітичними розрахунками методом трьох команд K123 (с) Kopanytsia Y.D в системі CAS MAXIMA;
- загальна постановка задачі й аналіз функціональних залежностей , які отримані за аналітичними розрахунками методом трьох команд K123 (с) Kopanytsia Y.D в системі CAS MAXIMA ;
- використання методу трьох команд K123 (с) Kopanytsia Y.D в системі CAS MAXIMA у якості тестових розрахунків ;
- використання методу трьох команд K123 (чисельне інтегрування) (с) Kopanytsia Y.D в системі CAS MAXIMA.

Реалізація чисельного алгоритму методу трьох команд K123 (с) Kopanytsia Y.D й точність наближення у даного методу не обмежена. Простота реалізації й

швидкість розрахунку дозволяє використовувати звичайні електронні таблиці MS Excel тощо. Розрахунки запропонуємо виконати у звичайних електронних таблицях типу безкоштовного опенсорсного LibreOfficeCalc, який є аналогом пропріетарного MS Excel. Сучасний Веб-інтерфейс онлайн редактора Google Таблиці дозволяє використовувати смартфон без будь-якого спеціального програмного забезпечення.

Актуальність розробки нових алгоритмів та методів інженерних розрахунків для звичайних задач є можливо єдиною та необхідною мірою подолання розриву між розвитком сучасних персональних мікропроцесорних гаджетів із відповідним програмним забезпеченням, широким впровадженням веб-інтерфейсів із доступом до серверних технологій з одного боку та , нажаль, абсолютно застарілими підходами та прикладами у сучасних підручниках.

Представлено приклад шести альтернативних підходів використання системи комп'ютерної математика на базі опенсорсного проекту CAS MAXIMA для реалізації розрахунку стандартної задачі, що базується на авторському методі трьох команд K123 (с) Копаниця Ю.Д. Досліджені варіанти реалізації єдиного методу, що базуються на різних розділах математики: аналітична геометрія, інтегральне числення, чисельні методи, структури даних та алгоритми, об'єднання континуальної та дискретної математики.

Запропонований приклад вирішення вищезначеної проблеми вимагає розробки теоретичної бази й практичних прикладних досліджень у запровадженні й широкому використанні інформаційних технологій в навчальному процесі. Запровадження принципу багатоваріантності вирішення задач, використання стандартних формул у тестових розрахунках та проведення обчислювального експерименту - як основу навчального процесу. Замінити обмежений набір стандартних задач веб-інтерфейсом із генерацією необмеженого об'єму наборів вихідних даних та серверними розрахунками. Стандартну відповідь кожної навчальної задачі бажано замінити самоперевіркою шляхом запровадження принципу багатоваріантного розрахунку, який базується на математичній культурі використання різних розділів математики.

**Андрій Кравчук**, доктор технічних наук

**Олександр Кравчук**, кандидат технічних наук

**Роман Чабанюк**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

**Ольга Кравчук**

*Національний транспортний університет, Київ, Україна*

## **ДО МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ РОЗПОДІЛЬЧИХ ДРЕНАЖНИХ ТРУБОПРОВОДІВ ПРИ НАЯВНОСТІ ПОХИЛУ РІВНЯ ҐРУНТОВИХ ВОД**

На основі отриманих нами раніше розв'язань системи диференційних рівнянь, що описують рух рідини зі змінною витратою в розподільчих напірних дренажних трубопроводах, які працюють при горизонтальному рівні поверхні ґрунтових вод, запропоновано методику оцінки впливу величини похибки, яка вноситься в розрахунки даних труб у випадку наявності похилу останнього. Аналіз

представлено в безрозмірному вигляді. Вплив похилу РГВ на результати розрахунку оцінено за допомогою величини зміни відносної витрати в початковому перерізі розподільчого трубопроводу і узагальненого параметра розподільчої дрени А, який враховує її конструктивні і фільтраційні характеристики. Отримані розрахункові формули досить прості і зручні у використанні. Запропонована методика дозволяє визначити межі, в яких можна користуватись для розрахунку дренажних трубопроводів спрощеними залежностями, які рекомендуються для застосування при горизонтальному рівні ґрунтових вод на майданчику меліорації. При цьому одразу визначається похибка, що вноситься в розрахунки в результаті прийнятого спрощення. Для ілюстрації отриманих залежностей в роботі приведені відповідні графіки.

**Юрій Копаниця**, кандидат технічних наук

**Олена Гіжа**, кандидат технічних наук

**Євген Павлов**, кандидат технічних наук

**Олексій Матвієнко**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ РОЗГАЛУЖЕНОЇ МЕРЕЖІ В ГРАФІЧНІЙ ПІДСИСТЕМІ CAS MAXIMA У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ**

Показано можливості комп'ютерної візуалізації одного з варіантів розгалуженої мережі із використанням графічної підсистеми програми CAS MAXIMA та паралельне використання у навчальному процесі прикладу онлайн програми – [https://www.k123.org.ua/jg\\_IH\\_job1.html](https://www.k123.org.ua/jg_IH_job1.html).

В Google analytics проведено аналіз використання мобільного трафіку на сторінках авторських навчальних онлайн додатків із стартової сторінки навчальних груп за посиланням [http://www.k123.com.ua/j\\_Hydraulics\\_TBKVM\\_2023.html](http://www.k123.com.ua/j_Hydraulics_TBKVM_2023.html).

Вибірку побудовано на основі 835 відвідувань окремої навчальної сторінки двох груп із 32 студентами під час домашнього навчання, лекцій та аудиторних занять в Університеті вересень-жовтень 2023 навчального року.

За даними Google analytics ми маємо повну картину використання навчальних онлайн ресурсів в режимі 24/7 (які сторінки, скільки часу та у якій послідовності переходи, розподіл операційних систем, країн проживання, мова, перелік й марки смартфонів тощо).

Наведемо одну з характеристик - розподіл трафіку:

- 56% мобільний, 43% стаціонарний трафік, 1% планшети;
- за означений період семестру отримано тренди зростання 15,8% мобільного та 63% падіння стаціонарного трафіку.

Узагальнені результати опитування контрольних груп студентів на двох факультетах щодо відвідування бібліотеки й користування друкованими підручниками на першому та другому курсу:

- на першому курсі 60% студентів користувались друкованими підручниками й відповідно 40% - ні;

- на першому курсі 35% студентів взяли 5-6 підручників, 25% взяли 2-4 підручника й відповідно на другому курсі відсоток студентів, які користуються підручниками - прямує до нуля.

Сучасні тенденції використання студентами мобільних пристроїв у навчальному процесі для доступу до інформації характеризується зростання ролі мобільного трафіку на смартфонах. За останнє десятиріччя доля використання студентами стаціонарних пристроїв із зручними великими екранами, повнорозмірними клавіатурами та широкополосними провідними каналами зв'язку продовжує скорочуватися.

Мобільні технології характеризуються незручним способом вводу даних та невеликим екраном із дрібним текстом. Обмежений кут огляду інформації на екрані смартфона та висока ймовірність генерації чисельних помилок ручного вводу літер та цифр призводить до обмеженого використання мобільних портів версій систем комп'ютерної математики.

Новий етап сучасного технологічного укладу (мініатюризація пристроїв та обмеження пропускної здатності мобільного каналу зв'язку) ставить нові задачі щодо використання обчислювальних засобів у навчальному процесі. Задача номер один – розробка нових алгоритмів та підходів у реалізації сучасних мобільних інженерних розрахунків. Задача номер два – паралельна розробка відповідних онлайн додатків із реалізацією нових підходів та парадигм, які базуються на візуалізації даних.

Запропоновано використання потужного функціоналу символічної математики в системі CAS MAXIMA. Представлено варіант запису системи чотирьох алгебраїчних рівнянь, які складають запис умови означеної вище навчальної задачі у вигляді – одне рівняння й одна функціональна залежність у символічному форматі запису. Такий формат запису суттєво скорочує загальну довжину кожної окремої команди (строки програми) на екрані смартфона.

На відміну від стандартних підходів підстановки й ускладнення запису остаточного рівняння, запропоновано символічну форму запису рішення. Головну функціональну залежність представлено у наближеному до загальноприйнятого у математиці формального формату запису функції, символічному вигляді  $f(x)$  або  $f(x,y)$  тощо. У такий спосіб відображення на екрані скороченої строки (команди програми у символічному форматі) не перевищує його довжини. Запис однієї графічної команди із символічним позначенням узагальнених функцій дозволяє отримати на одному графіку всі функціональні залежності.

Одна команда графічної візуалізації замінила чисельні цикли ітераційних розрахунків. У такий спосіб ми маємо компактну форму запису окремих команд програми, миттєвий результат, можливості моделювання й дослідження режимів роботи окремих ділянок мережі.

Представлено один із елементів онлайн проекту – [https://www.k123.org.ua/jg\\_IH\\_job1.html](https://www.k123.org.ua/jg_IH_job1.html). Проект у стадії розробки варіантів інтерфейсу й дослідження форматів виводу даних.

**Вікторія Сахновська**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТА НАДІЙНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ ПІД ЧАС НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТА ВОЄННИХ ДІЙ СХІДНИХ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ**

Надзвичайно важливим завданням особливо в воєнний час є забезпечення людей якісними послугами водопостачання та водовідведення. Відновлення пошкоджених систем – це невідкладна задача, від якої як залежить екологічна безпека регіону, так і безпосередньо життя людей.

Для розробки заходів забезпечення екологічної роботи систем водопостачання та водовідведення (надалі ВВ) в надзвичайних умовах пропонується поділити їх на 4 категорії.

- I. Системи, що знаходяться на територіях, де не відбувалися воєнні дії; заходи – моніторинг, попередження.
- II. Системи, що знаходяться на територіях, де відбувалися воєнні дії, але звільнені; заходи – моніторинг, відновлення руйнувань, прогнозування, попередження.
- III. Системи, що знаходяться на території триваючих воєнних дій; заходи – експрес-моніторинг, відновлення руйнувань, попередження, прогнозування.
- IV. Системи, що знаходяться на непідконтрольних територіях заходи – попереднє прогнозування.

Так за запропонованою нами класифікацією, станом на 01 серпня 2023 року систем водопостачання та водовідведення центральної та західної України можна було віднести до першої та другої категорії, півдня та сходу – до об'єктів третьої та четвертої категорії. Починаючи з 2014 року, на території Донецької області знаходилися системи ВВ всіх чотирьох категорій, станом на 01 січня 2023 року - вони перейшли до третьої та четвертої категорії.

Безумовно, першочерговими заходами для розробки комплексу заходів з забезпечення екологічної безпеки та сталого водопостачання та водовідведення під час надзвичайних ситуацій та воєнних дій є проведення моніторингу. Під моніторингом екологічної безпеки систем водовідведення приймаємо систему спостережень за явищами і процесами, що проходять під час збирання, транспортування та очищення стічних вод за допомогою систем централізованого водовідведення або інших споруд відведення та/або очищення стічних вод. Метою проведення моніторингу забезпечення екологічної безпеки та надійної роботи муніципальних систем водовідведення є надання звіту про проведений моніторинг та розробку заходів з інтенсифікації роботи систем.

Проведення моніторингу пропонується виконувати на підставі експертизи фактичного стану екологічної безпеки та надійності роботи систем водовідведення за результатами анкетування підприємств, на балансі яких знаходяться системи. Перелік індикаторів для проведення моніторингу повинен бути розширений, на підставі компіляції існуючих нормативних документи.

Звісно, що проведення моніторингу для третьої та четвертої категорії систем не є можливим, тому необхідна розробка ключових індикаторів для проведення експрес-моніторингу (проведення моніторингу в тому найбільшому обсязі, який може бути виконаний під час воєнних дій), який надасть можливість спланувати невідкладні заходи.

Попереднє прогнозування – це процес передбачення майбутнього стану екологічної безпеки систем водопостачання та водовідведення на основі аналізу його стану до початку бойових дій.

Важкий стан водопровідно-каналізаційних систем східного регіону країни, який погіршувався протягом тривалого часу, не дозволить в найближчі роки одночасно розв'язати всі необхідні питання, тому що ця галузь відноситься до найбільш капіталоємних. Тому усі заходи мають бути поділені на два етапи: термінові заходи та перспективні.

Термінові заходи повинні бути спрямовані на стабілізацію роботи систем водовідведення в післявоєнний час:

1. Запобігання настанню екологічної катастрофи, в наслідок забруднення стічними водами водних об'єктів: термінова паспортизація всіх очисних споруд, визначення фактичного та перспективного обсягу водовідведення та складу стічних вод з подальшою реконструкцією очисних споруд на підставі сучасних технологій.

2. Підвищення надійності роботи окремих елементів і системи в цілому на підставі розробки та запровадження цільової програми по заміні мереж водопостачання та водовідведення для Донецької області. Така цільова програма повинна стати обов'язковою частиною нормативно-правового акту про затвердження програми доступу до питної води у Донецькій і Луганській областях, та включати: виконання обстеження та паспортизації всіх мереж, обрання першочергових об'єктів для реконструкції, знаходження найбільш оптимальних варіантів і методів заміни.

В результаті виконання програми за рахунок зменшення витоків та аварій будуть значно знижені навантаження на КНС та очисні споруди. Заходи з реконструкції в цільовій програмі, повинні бути складені так, щоб темп зниження втрат та витрат в системі водопостачання складало не менше 2% на рік. В такому випадку національний індикатор для Донецької області може бути досягнуто вже через 10 років, одночасно скоротяться навантаження на очисні споруди.

3. Підвищення енергозбереження: зниження витрат електроенергії на КНС, обладнання на каналізаційних станціях, чи за рахунок застосування нових технологій очищення.



*Інга Уряднікова, кандидат технічних наук*

*Віктор Хоружий, доктор технічних наук*

*Олександр Возний, студент*

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ОПТИМІЗАЦІЇ НАДІЙНОСТІ І ЯКОСТІ ВОДООЧИЩЕННЯ**

Оптимальне управління ризиками повинно починатися на стадії проектування системи водоочищення. В цьому випадку можна мінімізувати ризик і оптимізувати витрати. Однак на стадії проектування можливий тільки попередній аналіз ризику, тому отримані дані не можуть бути точними.

При експлуатації вже діючої системи водоочищення можна дослідити надійність елементів, визначити критичність і досить точно розрахувати ймовірність ризику. Оскільки система водоочищення вже створена і витрати уже фактично зроблені, то при експлуатації варто зосередити увагу на такому економічному показнику як технологічна собівартість одержання очищеної води, зіставляючи її з імовірними ризиками. Витрати на вже готову установку водоочищення будуть враховуватися за рахунок відповідної амортизації. В цьому випадку при оптимальному управлінні як цільову функцію можна вибрати мінімальний ризик чи максимальну продуктивність в умовах прийняттого ризику. Як обмеження доцільно розглядати технологічну собівартість у цілому чи її елементи – витрати на матеріали, витрати на енергію, оплату праці і т. інше.

Більш точно закони оптимального управління можна визначити використовуючи статистичні й експериментальні залежності, які можна одержати в процесі експлуатації систем водоочищення, особливо в початковий період.

У загальному випадку будь-яка працююча система водоочищення в оборотному водопостачанні володіє визначеною продуктивністю, що може коливатися від деякого *min* до деякого *max*. За інших рівних умов, продуктивність роботи будь-якої системи водоочищення є функцією багатьох перемінних інтенсивності використання ресурсів цієї системи (енергія, матеріали, робочі режими).

Технологічна собівартість очищення води при експлуатації системи також є функцією багатьох перемінних інтенсивності використання ресурсів системи, хоча залежності, на відміну від продуктивності роботи, є іншими. Крім того, на технологічну собівартість впливають такі фактори як амортизація устаткування, орендні платежі, зарплата персоналу, накладні витрати та інші складові.

Імовірність ризику при експлуатації системи водоочищення, також буде залежати від цих факторів оскільки підвищення інтенсивності використання ресурсів збільшує ймовірність відмовлень, часткових відмовлень і збільшує вплив інерційності робочих процесів на якість очищення води при роботі системи в штатному режимі.

Закономірності, що відбивають ці залежності можуть бути отримані статистично й експериментально, причому ці залежності можуть бути представлені, використовуючи різні плани і методи обробки статистичних і експериментальних даних у вигляді досить зручних статичних залежностей, що охоплюють велике число виробничих факторів.

Таким чином, узагальнений алгоритм оптимального управління надійністю і якістю при водоочищенні з метою мінімізації техногенного ризику для будь-якої системи водоочищення може бути отриманий у разі:

- складання структурно-функціональної блок-схеми системи водоочищення;
- здійснення аналізу технологічних режимів, що впливають на якість;
- техніко-економічного аналізування величин, які обмежують значення режимів, що дають мінімальне забруднення;
- одержання математичних виразів, що відбивають залежність величини забруднення і величини обмежень від конкретних технологічних режимів.

**Лариса Саблій**, доктор технічних наук

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

### **ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД З ВИСОКИМ ВМІСТОМ ОРГАНІЧНИХ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН**

Проблема очищення стічних вод промислових підприємств з високим вмістом органічних речовин (шкірзаводів, олійних, м'ясопереробних, молокозаводів та ін.) на сьогодні залишається актуальною. На кафедрі біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології КПІ ім. Ігоря Сікорського колективом авторів під керівництвом д.т.н., професора Саблій Л.А. у складі: Жукова В.С., к.т.н., доц.; Козар М.Ю., к.т.н., доц.; Коренчук М.С., PhD, на підставі проведених досліджень в рамках госпдоговірних робіт запропоновано двоступінчасту технологію біологічного очищення з іммобілізованими мікроорганізмами в послідовних анаеробних і аеробних умовах. Дослідження процесів проводили на стічних водах після попереднього механічного очищення. Використовували стічні води молокозаводу, а параметри вивчали на експериментальних моделях анаеробного та аеробного біореакторів з іммобілізованими на носіях мікроорганізмами. Як носії було використано капронові волокна (в джгутах) з питомою площею поверхні –  $4000-5000 \text{ м}^2/\text{м}^3$ , діаметром джгуту – 1,5-2,5 мм, середнім діаметром мікроволокна – 100 мкм.

В результаті встановлено значення раціональних параметрів очищення в анаеробному біореакторі за початкового ХСК стічної води  $4000-4500 \text{ мг/дм}^3$ : гідравлічне навантаження –  $2-3 \text{ м}^3/(\text{м}^3 \cdot \text{добу})$ ; окисна потужність –  $7200-8000 \text{ г ХСК}/(\text{м}^3 \cdot \text{добу})$ ; питома швидкість деструкції –  $40-45 \text{ мг ХСК}/(\text{г} \cdot \text{год})$ ; тривалість – 10-12 год (в метантенках потрібно 10-20 діб); концентрація іммобілізованої біомаси –  $15-20 \text{ г/дм}^3$ , що забезпечують ступінь очищення за ХСК до 70%. Для окиснення органічних речовин, які залишились в стічній воді після анаеробного процесу, використано аеробний біореактор з іммобілізованими мікроорганізмами. В аеробних умовах відбувається не тільки окиснення органічних речовин, а й процеси нітрифікації та дефосфотації. В результаті встановлено такі значення раціональних параметрів аеробного процесу за початкового ХСК стічної води  $1200-1350 \text{ мг/дм}^3$ : гідравлічне навантаження –  $1,5-2 \text{ м}^3/(\text{м}^3 \cdot \text{добу})$ ; окисна потужність –  $500-1300 \text{ г ХСК}/(\text{м}^3 \cdot \text{добу})$ ; питома швидкість деструкції –  $18-23 \text{ мг ХСК}/(\text{г} \cdot \text{год})$ ; тривалість – 12-14 год; концентрація іммобілізованої біомаси - до 10

г/дм<sup>3</sup> (в аеротенках 2-3 г/дм<sup>3</sup>), що забезпечують ступінь очищення за ХСК до 94-96%. В результаті очищення стічних вод на виході з аеробного біореактора було отримано показники: ХСК - 50-80 мг/дм<sup>3</sup>; БСК<sub>повн</sub> – 15-20 мг/дм<sup>3</sup>; завислі речовини – до 15 мг/дм<sup>3</sup>; сполуки азоту і фосфору - в межах норми для відведення у природні водойми. В результаті перебігу процесів очищення в послідовних анаеробних і аеробних умовах спостерігали зростання зольності мулу, %: в анаеробних умовах – від 30 до 40%; в аеробних – до 60%.

В анаеробному та аеробному біореакторах спостерігали утворення біообростань на носіях, в анаеробному за тривалої роботи (протягом 2 років) відбувалось формування гранульованого мулу, в аеробному був присутній також вільноплаваючий активний мул.

Гідродинамічний режим в анаеробному біореакторі сприяв формуванню гранул мулу діаметром 2-2,5 мм, з високою концентрацією сухої речовини – до 50 г/дм<sup>3</sup> і малим муловим індексом – до 57 см<sup>3</sup>/г. Утворення гранульованого мулу дозволяє збільшити концентрацію мулу в споруді, ефективність очищення від органічних речовин і полегшує відокремлення гранул мулу від очищеної води.

Розроблено методики іммобілізації на носіях мікроорганізмів з активного мулу в завислому стані (відібраного на діючих очисних спорудах), приготування сухих препаратів іммобілізованих мікроорганізмів і проведено відновлення роботи споруд біологічного очищення стічних вод (після їх зупинки) з використанням сухих препаратів мікроорганізмів. Результати досліджень використано під час пуску в роботу аеротенків після перерви (на підприємствах із сезонною роботою: бази відпочинку, санаторії та ін.) та в проєкті реконструкції очисних споруд населених пунктів і баз відпочинку Шацького національного природного парку (сумісно з проєктною фірмою «Екотехсервіс», м. Рівне).

В результаті було розроблено та впроваджено (шкірзавод «Світ шкіри» Івано-Франківської обл. та ін.) ефективні технології біологічного очищення з використанням іммобілізованих мікроорганізмів з високим ступенем видалення органічних речовин, завислих речовин, сполук азоту, фосфору та ін., економією енергетичних витрат до 40-45%, забезпеченням високої якості очищеної води у відповідності з чинними нормами скиду у природні водойми.

**Олег Бакуновський**

*ТОВ «ІВІК Формула Води», Україна*

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ПОРТАТИВНА УСТАНОВКА ЯК СПОСІБ ВИРІШЕННЯ ПИТАННЯ ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАСЕЛЕННЯ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

Проблеми, пов'язані з якістю питної води, хвилюють мільйони людей в Україні, незалежно від регіонів, в яких вони проживають. Забезпеченість України водними ресурсами, незважаючи на велику кількість різних малих і великих водойм, є недостатньою. Україна – одна з найменш забезпечених водними ресурсами країн в Європі.

Близько 15% досліджених проб води виявилися такими, що не відповідають стандартам по санітарно-хімічним нормам, і близько 4% – санітарно-бактеріологічним нормам.

В умовах надзвичайних ситуацій, таких як природні катастрофи чи конфлікти, включаючи аварію на Каховській ГЕС та наслідки забруднення природних водойм від військової агресії, проблеми забезпечення населення питною водою стають іще більш актуальними. Нестабільна інфраструктура та обмежений доступ до джерел води призводять до кризової ситуації. Глобальні зусилля вирішення цього питання включають підтримку гуманітарних організацій у постачанні допомоги постраждалим, розвиток технологій очищення води та розробку систем для очистки води в екстремальних умовах.

Однією з таких систем є розроблена Система фільтрації води у надзвичайних ситуаціях EWFS – 01. Вона належить до систем фільтрації води, а конкретно до портативних фільтрувальних систем, призначених для очищення води з природних поверхневих прісноводних джерел до питних норм в польових та екстремальних умовах. Система EWFS – 01 видаляє з води механічні частини (пісок, мул, глину), кольоровість та каламутність. На 99,9% видаляє з води віруси та бактерії групи кишкової палички. Система EWFS – 01 має 8 стадій очищення, та продуктивність по очищеній воді – 1,5 – 2 л на хвилину. Термін роботи фільтруючих елементів системи EWFS – 01 по очищеній воді – 10 000 – 12 000 літрів.

Система фільтрації води у надзвичайних ситуаціях EWFS – 01 містить електричний насос, вхідний та вихідний трубопроводи для забору брудної води і відведення очищеної води, систему фільтрації та систему живлення, портативна установка містить корпус з кришкою з ударостійкого АБС пластику, оснащеного двома колесами та телескопічною ручкою, як насос застосований занурювальний насос постійного струму з робочою напругою 12 В з поплавком з глибиною занурювання до 4 м і продуктивністю роботи 1,5-2 л/хв., вхідний та вихідний трубопроводи виконані з гнучкого харчового поліетилену різного кольору, при цьому вихідний трубопровід оснащений краном для відведення очищеної води, система фільтрації виконана восьмиступеневою і складається зі з'єднаних послідовно гнучкими полімерними шлангами двох фільтрів попереднього механічного очищення, чотирьох вугільних фільтрів адсорбційного очищення з чистотою фільтрації 0,1 мм та двох ультрафільтраційних мембранних фільтрів з чистотою фільтрації 0,03-0,05 мкм, а система живлення виконана у вигляді блока живлення типу «powerbank» з можливістю автономної роботи від 1 до 3,5 год.

Фільтри попереднього механічного очищення системи фільтрації води у надзвичайних ситуаціях EWFS – 01 містять картриджи з сильноосновним макропористим аніонітом харчового класу I типу, виготовлених на основі сополімеру стирол-дивінілбензол. Картриджи вугільних фільтрів адсорбційного очищення виконані двохшаровими, в яких перший шар виконаний з поліпропіленових волокон, а другий з активованого вугілля, при чому у перших двох вугільних фільтрах застосовують гранульоване активоване вугілля, а у двох других пресоване активоване вугілля. В нижній частині корпусу системи фільтрації

води у надзвичайних ситуаціях EWFS – 01 фільтруючі елементи об'єднані блоком – підставкою.

Розроблена система фільтрації води у надзвичайних ситуаціях EWFS – 01 є ефективним рішенням для очистки та знезараження води у польових умовах. Вона є портативною, має 8 стадій очистки води із продуктивністю роботи 1,5-2 л/хв та зручною для транспортування. За рахунок ультрафільтраційних мембранних фільтрів вода очищується від вірусів та бактерій групи кишкової палички. Очищена вода є безпечною та придатною для пиття згідно норм ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Вода питна».

### **Тетяна Куба**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

**Олександр Кравченко**, доктор технічних наук

*Інститут комунальної інфраструктури, Україна*

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

### **Олег Бакуновський**

*ТОВ «ІВІК Формула Води», Україна*

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ПІЛОТНА УСТАНОВКА ДЛЯ ВІДПРАЦЮВАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ І ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ**

Сьогодні на підприємствах водопровідного господарства виникає ряд питань, що потребують вирішення, а саме, який шлях модернізації обирати, як підібрати найбільш ефективні реагенти для знезараження, які найбільш оптимальні технологічні рішення обрати.

Технології знезараження з використанням хлору для обробки води застарілі, а вимоги до якості стають дедалі жорсткішими, застосовуються більш сучасні реагенти.

Для впровадження тієї чи іншої технології потрібна змістовна дослідна база, а з врахуванням, що якість поверхневого джерела водопостачання, це змінний показник, що залежить від багатьох чинників, тому в умовах діючого підприємства впровадження нових технологій очищення і знезараження води є проблематичним. Підбирати дози реагентів залежно від сезонних коливань якості води у річці, ефективно вивчати напрацювання щодо новітніх методів і технологій знезараження та очищення води без проведення імітації технологічних процесів практично не можливо.

Щоб вивчити всі напрацювання щодо новітніх методів і технологій знезараження та очищення води, а також адаптувати їх до поточної якості води, необхідно спеціальне обладнання, а також моделювання процесів знезараження і очищення води, щоб потім застосувати найкращі технології водопідготовки на практиці.

Запропонована пілотна установка для відпрацювання удосконалення технології очищення і знезараження води це перша в Україні така установка моделювання технологічних процесів в режимах, які використовуються на

існуючий Деснянській водопровідній станції, а саме коагуляція з подальшим відстоюванням та фільтруванням на швидких фільтрах.

Конструкція установки також забезпечує можливість відпрацювання удосконалення процесів очищення і знезараження води, зокрема:

- застосування альтернативних реагентів (для знезараження, коагуляції, окиснення) в тому числі у несприятливих ситуаціях;
- використання порошкоподібного активованого вугілля (ПАВ);
- застосування безнапірних вугільних фільтрів;
- заміна технологічної схеми на напірну - три стадії напірних фільтрів (2 - зі звичайним завантаженням, 1 - з активованим вугіллям);
- застосування мембранних технологій (ультрафільтрації), зокрема в поєднанні з напірними фільтрами.

Пілотна установка забезпечує можливість паралельної роботи 2 ліній: напірної і безнапірної. Розрахункова продуктивність кожної лінії 1м3/год з можливістю зменшення продуктивності для регулювання окремих режимів.

Унікальним є можливість моделювання різних режимів роботи на панелі управління гідравлічними напрямками та комутації суміщеним з панеллю пробовідбірників та електричним блоком керування. Управління здійснюється шляхом вільного перемикання води (швидкоземне зєднання), тобто подачу з одного будь-якого входу на будь-який інший з можливістю комутації режимів роботи.

**Оксана Нечипор**, кандидат технічних наук

**Олександр Кушка**, кандидат технічних наук

**Нестан Таварткіладзе**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ЗАКОНОМІРНІСТЬ СОРБЦІЙНО-ОКИСЛЮВАЛЬНОГО РУЙНУВАННЯ СУБСТРАТУ СТИЧНИХ ВОД В ПРИКРІПЛЕНОМУ БІОЦЕНОЗІ**

Зменшення забруднення навколишнього середовища, а саме відкритих водойм, найактуальніша проблема сьогодення, бо від цього залежить здоров'я населення та виживання людства взагалі. Енергозатратні, громіздкі, малоефективні очисні споруди каналізації з застарілим обладнанням загострюють проблему охорони навколишнього середовища.

Робота очисних споруд каналізації в цілому, а зокрема системи біологічної очистки, залежить від належного та правильного проектування, будівництва та подальшої експлуатації споруд, для чого необхідні правильне розуміння процесів, що відбуваються під час біологічної очистки та вірний розрахунок для найбільш ефективної роботи споруди.

При проектуванні нових очисних споруд або реконструкції діючих потрібно знаходити найраціональніші і найвигідніші технологічні та конструктивні рішення майбутніх очисних споруд, які будуть максимально ефективними при найменших капітальних та експлуатаційних витратах.

Отже необхідні правильні дослідження, розрахунки та проектування технології очистки стічних вод, яка усуне вторинне забруднення, значно поліпшить

умови експлуатації очисних споруд, знизить затрати електроенергії, суттєво підвищить якість очистки стічних вод і забезпечить високий рівень охорони водних ресурсів.

В даній роботі розглядається та аналізується ферментативна реакція, яка однозначно визнана мікробіологами у всьому світі та вперше запропонована вченими Анрі та Брауном.

Забруднення, що знаходяться в шарі біоплівки та підпорядковуються процесам внутрішньої дифузії та ферментативного окислення можна правильно описати рівнянням К. Н. Корольова. Воно показує, що у витискувачах на початку споруди відбувається швидкісний процес зовнішньодифузійного переносу, далі швидкість процесу різко зменшується, оскільки параметри зовнішніх факторів змінюються, тому для біофільтрів потрібне інше рівняння.

Оскільки в прикріпленій біоценоз кисень надходить природним шляхом, то регулювати баланс кисню можливо лише природним шляхом. У зв'язку з цим робота біоценозу в аеротенках та біофільтрах не однакова, тобто їх окислювальна здатність різна, тому розглядати їх треба теж у відповідності з умовами роботи.

У розрахункових рівняннях не враховано всі кінетичні параметри, а враховано тільки геометричні величини споруди. На початку минулого сторіччя розуміння регенерації (забезпечення швидкісного масопереносу у зовнішньодифузійному шарі) біоценозу не розглядалося, а розраховувався необхідний об'єм біореакторів (аеротенки, біофільтри). Але для забезпечення ефекту переносу необхідна регенерація біоценозу, як мінімум в пограничному шарі.

Концентрація субстрату в стічних водах, як по висоті так і в товщі біоплівки – це складна ступенева функція, де ефект очистки залежить від технологічних параметрів:

$$L_{ex} / L_n = f(\mu, D, t, \epsilon, H, T, q, X, Q, P).$$

Ці основні технологічні параметри впливають на ефективність роботи прикріпленого біоценозу та зв'язані між собою.

Основним зовнішнім параметром, який впливає на швидкість ферментативної реакції - є температурний фактор (температура стічних вод). Температурний фактор змінює швидкість реакції і відповідно питому продуктивність споруди.

Авторами було проведено дослідження впливу температури стічних вод на ефект біологічної очистки. Дослідження проводились без перерви на протязі вісьмох місяців, на реальній воді і з застосуванням термодатчиків, термостатів, термометрів з самопишучим апаратом, на установці напівпромислового масштабу. Паралельно з хімічним аналізом неочищеної і очищеної води контролювався стан індикаторних мікроорганізмів біоценозу із застосуванням електронного мікроскопу.

Були встановлені наступні фактори.

1. Зниження температури стічних вод до 1°C призводить до зникнення активності та різновидів гідробіонтів.

2. При відновленні задовільного стану, спочатку відновлюється концентрація пластівців активного мулу, а далі стан гідробіонтів.

3. Для правильного розрахунку впливу температури на ефект роботи біосорберів запропоновано уточнене рівняння у вигляді:  $K_t = K_{20} \cdot 1,047^{-|T-20|}$ .

Зміна температури стічних вод суттєво впливає на зовнішній стан мікроорганізмів - індикаторів і ферментів в цілому. При температурі стічних вод нижче 6°C до 2°C відбувається цистування гідробіонтів і різке зниження швидкості окислювання. Процес біологічної очистки припиняється і вилучення забруднень відбувається тільки в першій фазі, тобто за рахунок сорбційного переносу. При температурі стічних вод нижче 2°C мікроорганізми зникають з поля зору при мікроскопічному дослідженні.

При температурі стічних вод більше від 15°C до 25°C ефект очищення максимальний і пік є 20°C, що підтверджується існуючими санітарними нормами показника повного окислювання БСК<sub>20</sub>. При температурі стічних вод від 25°C до 30°C ріст ефекту очистки не спостерігається, а від 30°C до 45°C температурний діапазон для роботи термофільних бактерій і швидкість окислення знижуються. При температурі вище 45°C ефект аеробної очистки знижується до мінімуму. Як відомо, при діапазоні температур вище 30°C доцільно провести анаеробну біологічну очистку або збільшити інтенсивність аерації з метою забезпечення кисневого режиму середовища в зоні дії ферментів. При проектуванні реакторів біологічної очистки, температурний вплив на процеси враховується введенням в розрахункове рівняння відповідного коефіцієнта.

На підставі довготривалих досліджень авторів та аналізу даних з технічної літератури, були зроблені висновки, що біохімічне руйнування субстрату при роботі з прикріпленим біоценозом, де постійно відбувається ріст біоплівки за рахунок постійного накопичення недоокислених та важкоокислювальних речовин, є кінетикою багатофазового біохімічного розпаду субстрату в стічних водах.

Дослідження авторів роботи з різними завантаженнями та геометричними параметрами, показали, що існує функціональна залежність ефекту очистки від кінетики руйнування субстрату, як по висоті, так і в товщі біоплівки, де загальний ефект очистки залежить не тільки від однієї фази та технологічних параметрів. Функціональна залежність загального ефекту очистки стічних вод залежить від багатьох факторів. Основними є швидкість зовнішньодифузійного масопереносу та швидкість внутрішнього руйнування субстрату.

Правильний розрахунок дає можливість зменшити рівень забруднення навколишнього середовища шляхом збільшення ефективності біологічної очистки стічних вод в результаті правильного проектування, будівництва та експлуатації очисних споруд водовідведення.



## Опалення, вентиляція та кондиціонування. Інженерія. Технології

**Валерій Савін**

*Криворізький національний університет, Україна*

**Василь Желих**, доктор технічних наук

*Національний університет «Львівська політехніка», Україна*

### **ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІТРОВЛОВЛЮВАЧІВ У СИСТЕМАХ ЕНЕРГООЩАДНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ**

Природна вентиляція відіграє важливу роль у забезпеченні комфортних умов життєдіяльності. Вітровловлювачі є частиною цього процесу і можуть забезпечити необхідну швидкість вентиляції будівель. Значний вплив на продуктивність вітровловлювачів залежить від відповідних параметрів, таких як висота, конфігурація, форма поперечного перерізу, кількості вхідних отворів, швидкості руху та змінності напрямку руху повітря.

Найважливішим викликом сьогодення є глобальне потепління, яке вважається одним з важливих викликів сьогодення через потенційний діапазон і серйозність впливу на громади, природу та навколишнє середовище. Викиди парникових газів, особливо викиди CO<sub>2</sub>, що виникають внаслідок споживання викопного палива в будівлях, ще більше посилюють тенденцію до глобального потепління. Будівельний сектор, на який припадає 40% світового споживання енергії та викидів парникових газів, відіграє ключову роль у цій загрозі. Обладнання системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря не тільки відповідають за найбільшу частину усього споживання енергії всередині будівлі, а й за більшість проблем з якістю повітря в приміщеннях. Вентилятори, повітроводи та брудні фільтри є відповідним місцем для зростання грибків і плісняви, що виробляються органічним пилом, які забруднюють циркулююче повітря та спричиняють значні проблеми забруднення. Це може бути більш критичним, враховуючи, що майже 90 % нашого часу ми проводимо в закритих приміщеннях під час життя та роботи. Таким чином, удосконалення систем вентиляції та кондиціонування відіграють важливу роль у підвищенні енергоефективності в будівлях, у забезпеченні кращого клімату в приміщенні для мешканців та, як наслідок, зменшенні ймовірності проблем зі здоров'ям.

Процес охолодження відіграє важливу роль у створенні комфортних умов для людини. Одним із найвідоміших елементів пасивної системи охолодження будівель без або з мінімальним споживанням енергії є вітровловлювач. На ефективність вітровловлювачів впливають сила вітру та сила плавучості, а знання розміру, форми та положення вихідного отвору допоможуть зрозуміти нові ідеї і технології щодо їх застосування в сучасній архітектурі.

Добре відомим прикладом природної вентиляції, який покращує якість у приміщенні за рахунок зниження концентрації забруднення та вологості повітря шляхом заміни затхлого повітря свіжим зовнішнім, є вітровловлювач (або вітряна вежа). Зараз вітровловлювачі широко використовуються в світі маючи переваги в густонаселених міських районах і в районах з низькою швидкістю вітру, суттєво

впливають на зниження охолоджувальних навантажень та забезпечують необхідну швидкість вентиляції будівель.

На даний час існує багато видів вітровловлювачів, які умовно можна класифікувати за кількістю вхідних отворів, формою поперечного перерізу та кількістю рівнів.

Кількість внутрішніх перегородок, а також розмір і розташування отворів вітровловлювача суттєво впливають на його вентиляційні характеристики, ефективність, швидкість і турбулентність повітряного потоку, а також розділяють поперечний переріз вітровловлювача на менші канали, підвищуючи міцність його конструкції та зменшуючи чутливість до різних напрямків вітру.

В останні роки увага науковців привернута до енергії вітру як до екологічного джерела природної вентиляції. А використання новітніх конструкцій вітровловлювачів в сучасних будівлях доводить, що вітровловлювачі мають великий потенціал для забезпечення необхідної природної вентиляції в сучасній архітектурі та сучасному способі життя.

***Костянтин Предун, доктор економічних наук***

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ПРИНЦИП РЕАЛІЗАЦІЇ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ДЛЯ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТІВ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ**

Концепція сталого розвитку є однією із Глобальних цілей, затверджених на Саміті ООН зі сталого розвитку, який відбувся в рамках 70-ї сесії ООН у Нью-Йорку у 2015 р. Вона визначила стратегію доступу людства до прийнятних за ціною, надійних, сталих і сучасних, безпечних для довкілля джерел енергії. Розширення інфраструктури та технологічна модернізація систем енергопостачання задля отримання екологічно чистої енергії в усіх країнах є найважливішими завданнями, які можуть як стимулювати зростання, так і сприяти збереженню навколишнього середовища. Національна доповідь «Цілі Сталого Розвитку: Україна» надає власне бачення державою орієнтирів досягнення Цілей Сталого Розвитку (ЦСР). Після підписання Угоди про асоціацію з Європейським Союзом, приєднанням нашої держави до Договору про заснування Енергетичного Співтовариства пріоритетом державної політики стають підвищення енергоефективності та використання енергії з альтернативних джерел.

Прийнята у 2023 р. Енергетична стратегія України до 2050 року передбачає відновлення енергетичного сектору за найсучаснішими технологіями, зміцнення стійкості системи та посилення енергетичної безпеки України і європейського континенту в цілому. Її вимоги передбачають підготовку та формування заходів з ефективного виробництва, трансформації, транспортування, переробки та споживання енергії, створення конкурентних та прозорих ринків електричної та теплової енергії, природного газу тощо. Наприклад, створення умов для вільного розвитку технологій у секторі теплоенергетики дозволить, у першу чергу, значно скоротити споживання тепла, і, відповідно, виробництво.

Загалом Енергетична стратегія розглядає кілька сценаріїв розвитку безпеки та економіки, які залежать від термінів закінчення війни, темпів зростання ВВП, демографічної ситуації та інтеграції України до Європейського Союзу. За оптимістичним сценарієм Україна має потенціал до 2050 р. наростити потужності вітрової генерації – до 140, сонячної – до 94, накопичувачів енергії (energy storage) – до 38, атомної генерації – до 30, ТЕЦ та біоенергетичних потужностей – до 18, гідрогенерації – до 9 ГВт. Тобто, пріоритетом державної політики стає спрямування систем енергопостачання до засад біосферної сумісності.

Одним із практично невичерпних джерел енергії служить теплота, акумульована земною корою, що знаходиться в твердій, рідкій та пароподібній фазах, яка називається геотермальною енергією. Визначення температурних полів у приповерхневих шарах земної кори є ключовим елементом при обґрунтуванні доцільності використання теплонасосних установок з вертикальними зондами для потреб енергопостачання будівель і споруд. Запропонований метод кінцевих елементів дозволяє отримати розподіл температур ґрунту по глибині, вздовж свердловини при сезонному коливанні температур на поверхні. Виконані дослідження показали, що циклічність роботи системи протягом року на нагрівання та охолодження в примежових шарах ґрунту, а це найінтенсивніші теплові процеси, не впливає на життєвий цикл зелених насаджень, які ростуть у зоні розміщення геотермального поля теплового насоса.

Таким чином, «енергетичний перехід» України на відновлювані джерела енергії, сприятиме «озелененню» енергетики та підвищуватиме добробут населення України. Водночас зменшуватимуться викиди парникових газів у довкілля. Наприклад, у 2030 р. вони становитимуть приблизно 56 % від рівня 1990 року, що менше цільового показника, який зазначений у національно-визначеному внеску України до Паризької кліматичної угоди.

*Віталій Петраш, доктор технічних наук*

*Віталій Барішев, кандидат технічних наук*

*Леонід Шевченко, кандидат технічних наук*

*Еліна Гераскіна, кандидат технічних наук*

*Ольга Хоменко, кандидат технічних наук*

*Одеська державна академія будівництва та архітектури, Україна*

## **ЕФЕКТИВНІСТЬ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ НА ОСНОВІ ПАРОКОМПРЕСІЙНОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ТЕПЛОТИ ДООХОЛОДЖЕННЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ**

Вирішення актуальної задачі загальної проблеми енергозбереження спрямоване на підвищення ефективності децентралізованого теплопостачання громадських будівель та промислових підприємств із характерними комунально-побутовими та промисловими теплогенераторами на основі парокомпресійної трансформації інтегрованої енергії низькотемпературних джерел теплоти. Доохолодження відпрацьованого теплоносія з теплової мережі, вихідної холодної води та відпрацьованих газів дозволяє розширити загальний обсяг теплоти, що

генерується, з підвищенням енергоекологічної ефективності використання первинного палива.

Розробка вдосконаленого варіанту системи децентралізованого теплопостачання на основі парокомпресійної трансформації енергетичного потенціалу відпрацьованого теплоносія, газів та вихідної холодної води загального призначення з подальшим теоретичним аналізом її можливостей для збільшення загального ресурсу генерованої теплоти з покращенням енергоекологічної ефективності систем теплопостачання.

Вирішення задачі базується на аналітичному обґрунтуванні раціонального структурно-функціонального устрою системи з пошуком умов вискоефективної її роботи і можливостей корегування температурного графіка відпуску теплоти на основі енергетичного потенціалу доохолодження зазначених низькотемпературних джерел. Запропонована система забезпечує сумісне доохолодження відпрацьованого енергоносія з теплової мережі, вихідної холодної води загального призначення та відпрацьованих газів на основі енергоефективної трансформації інтегрованої теплоти для абонентських систем та дворівневого нагрівання води комунально-побутового та промислово-технологічного призначення.

Для удосконаленої системи децентралізованого теплопостачання встановлено узагальнену залежність визначення дійсного коефіцієнта перетворення у роботі ТНУ на основі інтегрованого потенціалу доохолодження відпрацьованого енергоносія, вихідної холодної води та відпрацьованих газів. Вона дозволяє проводити якісний аналіз залежності енергетичної ефективності системи теплопостачання від зміни температури аналізованих низькотемпературних джерел, співвідношення вищевказаних витрат водних потоків та розподілу холодної води для комунально-побутового та промислово-технологічного призначення. Встановлено, що на зміну дійсного коефіцієнта перетворення істотно впливає значення температури енергоносія з теплової мережі після конденсатора на вході теплогенератор. Зокрема, в діапазоні реального співвідношення зазначених витрат 0,5...1,0 коефіцієнт перетворення зростає з 2,2 до 3,2 при 55,0°C. Водночас за більш низької температури теплоносія 45,0°C у тому діапазоні зміни зазначених витрат, забезпечується істотне зростання коефіцієнта перетворення з 2,8...6,3. Найменш суттєве зростання дійсного коефіцієнта перетворення зі збільшенням складової витрати води на гаряче водопостачання технологічного призначення з 10% до 15%, що характерне для перехідних умов опалювального періоду більшості підприємств.

Результатами дослідження встановлено, що підтримка раціональної температури парокомпресійного догрівання енергонсія на вході в теплогенератор має базуватись на термoeкономічній оптимізації розрахункової різниці температур абонентського теплоносія та кипіння робочого тіла у випарнику ТНУ.

Результати аналітичного дослідження удосконаленої системи теплопостачання створюють основу для коригування температурного графіка відпустки теплоти, враховуючи характерні умови децентралізованого теплопостачання та режими споживання теплоти системами комунально-побутового та промислового призначення.

**Василь Желих**, доктор технічних наук

**Юрій Фурдас**, кандидат технічних наук

**Володимир Шепітчак**, кандидат технічних наук

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

**Христина Миронюк**, кандидат технічних наук

Бірмінгемський університет, Велика Британія

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СТІНИ ТРОМБЕ ІНТЕГРОВАНОЇ В КОНСТРУКЦІЮ МОДУЛЬНОГО БУДИНКУ ПРИ РІЗНИХ РЕЖИМАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

Метою проведених досліджень було визначення потужності термосифонного колектора за змінної товщини повітряного прошарку та площі вентиляційних отворів для трьох режимів роботи: в режимі опалення для ХПР, охолодження для ТПР та режиму вентиляції.

Відповідно до проведеного аналізу процесів формування теплового режиму були поставлені такі завдання експериментальних досліджень:

1. Встановити закономірності теплової потужності термосифонного колектора за різної товщини повітряного прошарку.

2. Виявити закономірності і зміну під час зміни висоти та товщини повітряного прошарку.

За результатами роботи зроблено наступні висновки:

1. Запропонована конструкція гібридного зовнішнього захисення модульного будинку із імплементованою в нього Стіною Тромбе підтвердила свою ефективність та можливість виконувати функції додаткового тепловентиляційного пристрою для систем забезпечення необхідних параметрів в приміщеннях модуля.

2. Для режиму опалення максимальна теплова потужність зафіксована на відмітці  $Q = 537$  Вт при товщині повітряного прошарку  $\delta = 100$  мм та площі вихідних отворів  $F = 0,056$  м<sup>2</sup>. При цьому в режимі опалення з механічним побудженням максимальна корисна потужність буде становити  $Q_{кор} = 485$  Вт при швидкості повітряного потоку в колекторі  $v = 0,6$  м/с. Ефективність стіни Тромбе без вентилятора при площі вентиляційних решіток  $F = 0,056$  м<sup>2</sup> та товщині повітряного прошарку  $\delta = 100$  мм є кращою на  $\Delta Q = 52$  Вт.

3. Для режиму вентиляції максимальна теплова потужність зафіксована на відмітці  $Q = 662$  Вт при товщині повітряного прошарку  $\delta = 100$  мм та площі вихідних отворів  $F = 0,056$  м<sup>2</sup>. Максимальна витрата повітря зафіксована на відмітці  $L = 120$  м<sup>3</sup>/год Вт при товщині повітряного прошарку  $\delta = 100$  мм та площі вихідних отворів  $F = 0,056$  м<sup>2</sup>.

4. Для режиму охолодження максимальна теплова (охолоджувальна) потужність зафіксована на відмітці  $Q = 388$  Вт при товщині повітряного прошарку  $\delta = 100$  мм та площі вихідних отворів  $F = 0,056$  м<sup>2</sup>. В режимі охолодження з механічним побудженням максимальна корисна потужність буде становити  $Q_{кор} = 439$  Вт при швидкості повітряного потоку в колекторі  $v = 0,6$  м/с. При цьому ефективність стіни Тромбе з вентилятором при площі вентиляційних решіток  $F = 0,056$  м<sup>2</sup> та товщині повітряного прошарку  $\delta = 100$  мм є кращою на  $\Delta Q = 51$  Вт.

5. Проаналізувавши отримані графічні залежності, можна стверджувати, що для термосифонної геліостіни доцільно застосувати вентиляційні ґратки з площею в межах 0,05...0,06 м<sup>2</sup>. В цьому випадку спостерігається найбільша теплопродуктивності термосифону.

**Степан Шаповал**, доктор технічних наук

**Богдан Гулай**, кандидат технічних наук

**Мар'яна Касинець**, кандидат технічних наук

**Юрій Пришляк**, аспірант

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

## **СИСТЕМА ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЕЛЬ НА ОСНОВІ ГІБРИДНИХ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ**

Однією з важливих проблем у сонячній енергетиці є підвищення ефективності систем теплопостачання з використанням геліоколекторів. Також одним з ключових питань у даній сфері є розвиток нових технологій для забезпечення високого збору сонячної енергії та для її інтеграції у традиційні системи опалення та гарячого водопостачання. Тому перспективними є інноваційні рішення з впровадження нових ефективних гібридних сонячних колекторів. Особливістю їх є те, що вони інтегровані в зовнішні захищення будівлі. При цьому дуже важливим є враховувати потенціал сонячної енергії на місці встановлення сонячних колекторів. Саме для цього і потрібні подальші вдосконалення конструкції та дослідження теплотехнічних характеристик елементів сонячних систем.

На основі огляду існуючих комбінованих та гібридних систем сонячного теплозабезпечення було створено конструкцію гібридного сонячного колектора, в якому для збільшення площі теплопоглинання сонячного випромінювання, а саме під час реконструкції покриття будівлі, було розміщено циркуляційні трубки над теплопоглиначем геліопокриття.

За допомогою експериментальної установки проводились заміри температури теплоносія у вхідному та вихідному патрубках геліоколектора. Інтенсивність сонячного випромінювання протягом дня різна, тому досліди проводились для різної густини потоку випромінювання. Далі на основі здійсненого математичного планування експериментів складена матриця із трьома факторами впливу на функцію відгуку, якою служив коефіцієнт теплової ефективності геліопокриття  $K_{ef}$ . Одержані дані, з проведених власних досліджень, відтворено у формі графіків та математичних залежностей.

Експерименти показали, що при густині потоку випромінювання 300 Вт/м<sup>2</sup>, температура теплоносія на виході з гібридного сонячного колектора коливалася від 13 до 30 °С. При більш високій густині потоку випромінювання, а саме 600 Вт/м<sup>2</sup>, температура теплоносія змінювалася від 13 до 35 °С. Це вказує на те, що гібридні сонячні колектори можуть ефективно збирати сонячну енергію в різних кліматичних умовах і забезпечувати теплопостачання з високими температурами теплоносія.

Також було досліджено залежність коефіцієнта теплової ефективності гібридних сонячних колекторів від кутів нахилу сонячного випромінювання  $\alpha$  і  $\beta$  і густини потоку випромінювання  $I_s$ . При збільшенні кутів нахилу та густини потоку випромінювання, коефіцієнт теплової ефективності таких колекторів збільшується. Це важливий показник, оскільки він вказує на здатність гібридних сонячних колекторів працювати більш ефективно в умовах високої сонячної активності. Аналіз результатів експериментальних даних показав те, що коефіцієнт теплової ефективності геліопокриття без прозорого покриття з розміщенням трубопроводів циркуляційного контуру теплоносія над теплопоглиначем при зміні кутів  $\alpha$  і  $\beta$  від 30° до 90°, збільшується на 50%.

На підставі досліджень розроблено номограму взаємозв'язку коефіцієнта теплової ефективності  $K_{ef}$  та кутів надходження теплового потоку  $\alpha$  і  $\beta$  на площину теплопоглинача геліопокриття. У результаті отримано функціональні залежності, яка дозволяє точно визначати коефіцієнт теплової ефективності  $K_{ef}$  для конкретних параметрів і вхідних даних.

На основі огляду існуючих комбінованих систем сонячного тепlopостачання запропоновано конструкцію гібридного сонячного колектора без прозорого покриття, в якому циркуляційні трубки розміщені над теплопоглиначем геліопокриття. У даному випадку - це покрівля даху. Власні експерименти, які провели автори, підтверджують великий потенціал гібридних сонячних колекторів для покращення ефективності збору сонячної енергії для систем тепlopостачання будівель. Зміна кутів нахилу та густини сонячного випромінювання може значно вплинути на ефективність таких колекторів, що робить їх привабливими для використання в різних географічних областях. Номограма становить корисний інструмент для інженерів і дослідників у вдосконаленні дизайну та оптимізації гібридних сонячних систем тепlopостачання. Дані дослідження підкреслюють важливість вдосконалення технологій використання сонячної енергії для зменшення забруднення навколишнього середовища і поліпшення стійкості систем тепlopостачання.

**Володимир Вахула**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУМИННИХ ТЕЧІЙ ВІД ПОВІТРОРОЗПОДІЛЬНИХ ПРИБОРІВ ВІТЧИЗНЯНОГО ВИРОБНИЦТВА**

На кафедрі теплогазопостачання та вентиляції звернувся вітчизняний виробник вентиляційного обладнання з проханням визначити аеродинамічні характеристики повітророзподільників, які він виготовляє, а також зробити графіки підбору повітророзподільників. Для виконання цього завдання виробником було зроблено дослідні зразки повітророзподільних пристроїв та надано на дослідження.

Дослідний стенд розташований в Київському національному університеті будівництва і архітектури, у складі дослідної установки є секції вентилятора, фільтра, камера тиску, повітронагрівача, повітроохолоджувача, ділянки стабілізації повітряного потоку. Установка теплоізольована для зменшення

розповсюдження теплоти в приміщенні. Щоб мінімізувати вплив людини на повітряні потоки від повітророзподільників, була використана координатна лінійка, на яку був закріплений зонд обігрітою струною з Bluetooth. Проводилась серія вимірювань швидкості та температури на осі струмини, вираховувались значення плинного критерія Архімеда, та початкового критерія Архімеда на виході з повітророзподільника, після досліджень визначались коефіцієнти затухання струмини по швидкості та по температурі.

Проведені аеродинамічні дослідження характеристик припливних повітророзподільників вітчизняного виробництва, а саме: решітки однорядні, дворядні, зовнішні, лінійні, радіальні, щілинні дифузори від 1 до 6 щілин, дифузори, що призначені для горизонтального розповсюдження повітря в різні напрямки (ПДК), панелі з різним видом перфорації.

Для вимірювання швидкості руху, температури повітря використовувався комбінованим приладом Testo 440 в парі з зондом обігрітою струною з Bluetooth та сенсорами абсолютного тиску, вологості і температури (діапазон вимірювання швидкості від 0 до 50 м/с, температури  $-20...+70$  °C та відносної вологості  $\phi$  від 5 до 95% ) в штативі та показами параметрів на дисплеї приладу. При цьому похибка вимірювання швидкості руху повітря становила  $\pm 0,03$  м/с, температури  $\pm 0,5$  °C та відносної вологості  $\pm 2$  % виміряної величини. Для визначення місцевого опору повітророзподільників використовувався testo 510 - кишеньковий дифманометр в парі з трубкою Піто, діапазон вимірювання 0 до 100 гПа, похибка вимірювання  $\pm 0,05$  гПа

За результатами досліджень створені діаграми підбору для кожного виду повітророзподільника, а також програму автоматичного підбору, яка розповсюджується інженерам проектувальникам для простішого і більш якісного підбору повітророзподільників вітчизняного виробництва.

**Микола Белюженко**

**Михайло Сенчук**, кандидат технічних наук

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **РЕЗЕРВУВАННЯ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ДЖЕРЕЛАМИ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ НА БІОПАЛИВІ**

Забезпечення потрібної надійності теплопостачання міст є важливою умовою збереження їх життєдіяльності, особливо в сучасних умовах воєнного стану. Одним із основних методів підвищення надійності систем теплопостачання є резервування, зокрема шляхом будівництва резервних джерел теплової енергії (стаціонарних або пересувних котельних) на альтернативному виді палива. У роботі висвітлено практику впровадження такого проекту в системі централізованого теплопостачання м. Луцька з максимальним тепловим навантаженням 36,4 МВт. У якості резервного джерела теплової енергії застосовано теплогенератор потужністю 5,0 МВт з механізацією всіх технологічних процесів спалювання сортового біопалива і системою автоматизації керування і безпеки за екологічних показників та ефективності роботи на рівні європейських вимог. Твердопаливна котельня обладнана двоступеневою системою очищення



відхідних газів від зольних частинок: перша ступінь – мультициклон, друга – електрофільтр. В існуючу систему тепlopостачання міста для підвищення її надійності і живучості водогрійний теплогенератор на біопаливі підключений за запропонованою незалежною схемою з комбінованим виробництвом теплової енергії. Експлуатація теплогенератора за автоматичного регулювання дає можливість ефективно працювати на різних режимах роботи в літній та зимовий періоди. За теплової потужності твердопаливного теплогенератора значно меншої від загального теплового навантаження тепlopостачання району міста, запропонована схема підключення дозволяє його експлуатацію за декількома режимами роботи: в опалювальний період – на підігрівання зворотного теплоносія на вході в існуючу газову котельню; у літній період – на потреби гарячого водопостачання в повному обсязі; за аварійного відключення у зимовий період газової котельні – на підтримання життєздатності системи тепlopостачання. Практика експлуатації теплогенератора на біопаливі в складі системи централізованого тепlopостачання та виконаний розрахунковий аналіз результатів експлуатації за різних режимів роботи підтвердили ефективність реалізованого проекту. Підігрівання зворотного теплоносія на 4...5 °С у зимовий період, крім економії природного газу, запобігає низькотемпературній корозії існуючих газових котлів. У випадку аварійної відсутності постачання природного газу спалювання деревної тріски забезпечує виробництво теплової енергії на рівні теплових втрат теплової мережі з підтриманням температури теплоносія не нижче 3 °С за розрахункової зовнішньої температури повітря. У літній період, завдяки акумулюванню теплової енергії в нічний час в об'ємі труб теплової мережі, як буферній ємності, забезпечується компенсація пікового споживання гарячої води за наявної потужності твердопаливної котельні рівній середньому навантаженню системи гарячого водопостачання. У роботі наведено розрахунковий аналіз результатів річної експлуатації твердопаливного теплогенератора: аналіз зміни температури на вході газової котельні, зміни навантаження теплової мережі, роботи теплогенератора в неопалювальний період. За реалізації проекту по резервуванню системи тепlopостачання м. Луцька за комбінованою схемою вироблення теплової енергії досягнуто підвищення надійності та життєздатності системи, а також річну економію природного газу на рівні 40,5 %.

Набутий науково-технічний досвід впровадження та експлуатації резервного джерела теплової енергії в складі системи централізованого тепlopостачання міста за різних режимів роботи, в тому числі за аварійної ситуації відключення постачання газу на котельню, є корисним для реалізації аналогічних проєктів.

**Анатолій Макаров**, кандидат технічних наук

**Андрій Ходос**

**Михайло Курієнко**

*ПрАТ «Калинівський машинобудівний завод», Калинівка, Україна*

**Михайло Сенчук**, кандидат технічних наук

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ БАГАТОКОРПУСНОЇ ВАКУУМ-ВИПАРНОЇ УСТАНОВКИ**

Молочно-консервна промисловість, крохмально-патокова та інші галузі промисловості України потребують для модернізації виробничого процесу новітнього ефективного обладнання. Поряд з високоефективними однокорпусними вакуум-випарними установками з механічною компресією ВВУ-Мк і двокорпусними з комбінованою компресією ВВУ-Мк-Пк, виробництво яких освоєно на ПрАТ «Калинівський машинобудівний завод» (м. Калинівка, Вінницька обл.), є потреба застосування багатокорпусних установок з паровою компресією для згущення продукту з високою в'язкістю, виробництва молочних консервів з цукром, а також є економічно доцільним у разі низької вартості пари. Вітчизняне виробництво таких вакуум-випарних установок для молочної промисловості відсутнє. Впроваджені в експлуатацію закордонні зразки установок вичерпали експлуатаційний ресурс, тому аналіз досвіду їх багаторічної експлуатації та модернізації основних вузлів є важливим для розвитку виробництва такого типу установок.

У роботі наведено результати модернізації чотирикорпусної вакуум-випарної установки з паровою компресією фірми «Альфа\_Лаваль Шефферс» (Швеція). Технічні рішення з модернізації прийнято з урахуванням розрахункових даних за запропонованою удосконаленою методикою розрахунку багатокорпусної вакуум-випарної установки з паровою компресією для згущення молочних продуктів. Особливістю такої методики є комірчаста структура розрахункової моделі у вигляді розрахункових таблиць, сформованих за окремими технологічними та конструктивними параметрами установки. З метою удосконалення основних функціональних вузлів та забезпечення надійної і ефективної роботи установки, крім розрахункових, виконано експериментальні та пуско-налагоджувальні дослідження. Головними причинами неефективної експлуатації згаданої багатокорпусної установки та вимушеного припинення її роботи були критичне руйнування випарних труб в корпусі з двома випарними колонами, крайньому за рухом продукту і пари, із-за недостатньої загальної інтенсивності зрошення в них, а також за недосконалої системи подачі продукту на зрошення. Вирішення цих проблем досягнуто при реконструкції нижніх і верхніх камер випарних колон шляхом організації двоходового руху продукту у випарних трубах з відповідним збільшенням загальної інтенсивності зрошення в колонах та реалізації модернізованої системи зрошення із забезпеченням потрібних для надійної роботи вимог: продукт подається соплом великого перерізу і не потрапляє в парові труби; пара скипання, що утворюється в верхній камері, надходить в випарні труби по окремому тракту без створення відчутного перепаду тиску на камері постійного рівня; гравітаційний злив продукту здійснюється з

камери постійного рівня струменями в центральну частину міжтрубних ділянок трубої дошки; відбувається плівковий рух продукту по поверхні трубої дошки на зрошення стінок випарних труб. Технічні рішення по модернізації системи зрошення прийняті на підставі розрахункового аналізу результатів досліджень на лабораторних моделях вузлів, за якими встановлено: подібність в'язлого струменя вільному витoku круглого струменя крізь малий отвір у вертикальній тонкій стінці; зона розмиву продукту високої в'язкості в межах міжтрубної ділянки переходить в русловий рух з подальшим надходженням на зрошення випарних труб; при закругленій кромці вхідного отвору випарних труб виникає ефект Коанда, який забезпечує безвідривний рух продукту і створення стійкої сповзаючої плівки. Також виконано модернізацію системи зливу конденсату: замість трьох окремих насосних ліній виконано послідовний рух конденсату за рахунок різниці тисків пари з першої колони до крайньої з використанням пари скипання конденсату в усіх колонах. Конденсат з крайньої колони і конденсатора зливається в спеціальний збірник, звідки насосом подається в пластинчастий підігрівач для підігріву сировини.

Ефективність реалізованих технічних рішень підтверджено результатами пуско-налагоджувальних випробувань та під час подальшої експлуатації установки. За наявної потреби на підігрів і згущення продукту 7,5 МВт теплової енергії проведені заходи по модернізації системи зливу конденсату забезпечують корисне використання його тепла на рівні 250 кВт.

Набутий науково-технічний досвід по модернізації та введення в експлуатацію чотирикорпусної установки у сукупності з досвідом виробництва одно- і двокорпусних вакуумно-випарних установок є основою для організації виробництва в Україні багатокорпусних установок з паровою компресією.

**Андрій Бондаренко**

**Євгеній Юрченко**, кандидат технічних наук

**Олена Коваль**, кандидат технічних наук

**Артем Коваль**

*Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, Дніпро, Україна*

## **ВИЗНАЧЕННЯ ПОВІТРОПРОНИКНОСТІ БУДІВЕЛЬ**

Параметр  $n_{50}$  – це величина, значення якої показує, скільки разів протягом 1 години повітря у приміщенні повністю замінюється на нове:  $n_{50} = Q/V_{\text{пом.}}$  [ $\text{h}^{-1}$ ], де  $Q$  – виміряний потік [ $\text{м}^3/\text{год}$ ];  $V_{\text{пом.}}$  – опалювальний об'єм [ $\text{м}^3$ ].

Параметр  $q_{50}$  – здатність матеріалів і конструкцій пропускати повітря під впливом перепаду тиску повітря [1]:  $q_{50} = Q/S_{\text{ок}}$  [ $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{х} \cdot \text{год})$ ], де  $Q$  – виміряний потік [ $\text{м}^3/\text{год}$ ];  $S_{\text{ок}}$  – площа огорожувальної конструкції [ $\text{м}^2$ ].

Опалювальний об'єм будівлі – фактичний, заміряний зсередини об'єм будівлі, який опалюється, тобто об'єм без урахування холодного горища, та холодного підвалу:  $V = (b \cdot l) \cdot H$ ,  $\text{м}^3$ , де  $H$  – кількість поверхів;  $l$  – довжина будівлі, м (по внутрішнім стінам);  $b$  – ширина будівлі, м (по внутрішнім стінам).

Рекомендується використовувати параметр  $q_{50}$ , особливо для будівель із опалювальним об'ємом більше ніж  $1200 \text{ м}^3$ . Параметр повітропроникності характеризується величиною потоку повітря або газу  $[\text{м}^3/\text{год}]$ , яке проходить через площу огорожувальних конструкцій  $[\text{м}^2]$ . Так само при визначенні коефіцієнту теплопередачі ( $U$ ), яка показує, як добре тепло проходить через різні стійкі речовини. Коефіцієнт теплопередачі виражається як кількість енергії яка проходить через  $\text{м}^2$  площі зовнішньої огорожувальної конструкції  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ .

Параметр  $n_{50}$ , який характеризується відношенням потоку повітря або газу  $[\text{м}^3/\text{год}]$ , до опалювального об'єму будівлі  $[\text{м}^3]$  не передбачує розрахунок та оцінку стану зовнішніх огорожувальних конструкцій, і є відносним параметром, який виражається тільки як кратність повітрообміну.

Було проаналізовано звіти тестів повітропроникності 24-х об'єктів різних опалювальних об'ємів, класів енергоефективності.

Як було приведено раніше у нормативах більшості країн ЄС значення величини повітропроникності повинно не перевищувати  $q_{50} < 2,5 [\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{х} \cdot \text{h})]$ . На графік нанесено рекомендоване значення повітропроникності  $q_{50} < 2,5 [\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{х} \cdot \text{h})]$ . За приведеними даними визначено наскільки не співпадає фактичний показник повітропроникності будівель від рекомендованого мінімального нормативного значення  $q_{50} < 2,5 [\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{х} \cdot \text{h})]$ , яке повинно відповідати будівлям класу енергоефективності С.  $q_{50} < 2,0 [\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{х} \cdot \text{h})]$ , повинно відповідати будівлям класу енергоефективності В.  $q_{50} < 1,5 [\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{х} \cdot \text{h})]$ , повинно відповідати будівлям класу енергоефективності А.

На наступних графіках показана залежність окремо для кожного класу герметичності, порівняно значення повітропроникності  $q_{50}$  із  $n_{50}$ , для класу С  $n_{50} = 2,0 [\text{h}^{-1}]$ , для класу В  $n_{50} = 1,5 [\text{h}^{-1}]$ , для класу А  $n_{50} = 0,8 [\text{h}^{-1}]$ .

Розглянемо залежності параметрів  $q_{50}$  та  $n_{50}$  у енергоефективних будівлях класу А, якому повинно бути еквівалентно значення  $q_{50} < 1,5 [\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{х} \cdot \text{h})]$ . Із графіку видно що 4 із 10 об'єктів класу А не відповідають значенню повітропроникності  $q_{50} < 1,5 [\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{х} \cdot \text{h})]$  в середньому на  $0,2-0,4 [\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{х} \cdot \text{h})]$ . За параметром  $n_{50}$  усі будівлі відповідають класу енергоефективності А,  $n_{50} = 0,8 [\text{h}^{-1}]$ . Можна зробити висновок що навіть для будівель класу енергоефективності «А», значення  $n_{50}$  та  $q_{50}$  не відповідають одне одному.

**Руслан Верля,**

**Віктор Петренко,** кандидат технічних наук

ДП ГЕРЦ Україна

## **ФІЛОСОФІЯ ПРОЄКТУВАННЯ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК BINDER**

В цій доповіді знайомимося з твердопаливними котельними установками Binder великої ефективності від групи HERZ.

Це відомий світу тип котлів від групи HERZ, що широко не представлений в системах тепlopостачання України. Це пояснюється тим, що для тепlopостачання будівель теплом в Україні в основному використовуються котельні установки, що працюють на природньому газі. Але енергетична криза диктує свої правила і для

створення низьковартісної продукції підприємства все частіше відмовляються від блакитного палива і встановлюють твердопаливні котли.

Котельні установки Binder це енергоефективні системи з високою ступінню очистки димових газів від шкідливостей, що відповідають всім міжнародним технічним нормам, щодо енергоефективності і викидів в атмосферу.

Котельні установки Binder можуть спалювати тверде паливо різного походження. Умовно в компанії їх ділять на 3 категорії:

- паливо деревного походження;
- паливо сільськогосподарського походження;
- відходи життєдіяльності людей і тварин.

### **Кроки підбору твердопаливного котла Binder**

Перший крок підбору твердопаливного котла Binder розпочинається з хімічного аналізу сировини, яка планується для спалювання.

Наступний крок це проведення натурального спалювання сировини в конструкціях топок для визначення придатності її у функції палива.

Після того як технологи компанію матимуть хімічний аналіз сировини та дані натурального спалювання інформація передається в технічний відділ для підбору типу котла і обладнання.

Після визначення хімічного складу палива і пробного спалювання переходять до вибору типу котла та його потужності, системи подачі палива, системи автоматизація.

### **Сфери застосування**

Котельні установки Binder більше орієнтовані на місцеве паливо, тобто якщо це деревообробне підприємство, то для здешевлення собівартості приготування гарячої води логічно використовувати відходи виробництва ніж закупувати його і поставника. Також орієнтовані на виробничі підприємства де є сільськогосподарські відходи та відходи життєдіяльності людей і тварин, що придатні до спалювання по своєму хімічному складу. Це великі медичні центри, комплекси з вирощування птиці, підприємства з переробки сільгосппродукції.

Клієнтами компанії HERZ, що мають у своєму господарстві котельні установки Binder, є такі відомі бренди як Капо Furniture Workshop GmbH, Hahn Air Lines, Allpack GmbH та багато інших.

**Анна Москвітіна, кандидат технічних наук**

**Марія Шишина**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ОПТИМІЗАЦІЯ СТРАТЕГІЇ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ**

Проведені дослідження свідчать про необхідність комплексної реалізації теплозахисних робіт, які стосуються всіх елементів будівель. Тільки таким шляхом можна досягти реального енергозберігаючого ефекту. Однак ці ж дослідження показують високу затратність робіт з термомодернізації будівель, що серйозно знижує перспективність розвитку енергосервісних відносин у цій сфері.

Враховуючи велику ресурсомісткість сфери житлово-комунального господарства, у вигляді окремої підпрограми необхідна розробка стратегії термомодернізації житлового фонду, що встановлює оптимальну послідовність термомодернізації будівель у вибраній містобудівній містобудівній групі.

При розробці програми термомодернізації в умовах дефіциту інвестицій пріоритети необхідно віддавати найбільш ефективним заходам, для чого потрібно послідовно вирішити локальне (першого роду) та глобальне (друге) завдання її оптимізації.

Стадії безпосереднього вирішення двох зазначених завдань має передувати системний аналіз опорного житлового фонду, що підлягає термомодернізації, в ході якого вся маса будівель поділяється на характерні типи та оцінюється перспективність модернізації їхнього теплового захисту.

У середині кожного типу будівлі конструктивні відмінності зовнішніх огорожувальних конструкцій або незначні, або несуттєво відрізняються за своїми фактичними теплотехнічними властивостями.

Подальший поділ проводиться за геометричними показниками, оскільки компонування будівель одного типу з різних секцій може вплинути на результати оптимізації першого роду.

У самому загальному випадку опорний житловий фонд, що підлягає термомодернізації, розглянутої містобудівної групи поділяється на *i*-ту кількість різних будівель. Однак, з огляду на те, що існуючі житлові будинки, які не відповідають сучасним вимогам щодо енергоефективності, побудовані за радянських часів, доцільно проводити первинний поділ їх за типовими серіями.

Локальне завдання оптимізації можна сформулювати як пошук найбільш ефективного з економічного погляду поєднання параметрів теплового захисту тієї чи іншої окремої будівлі, що забезпечують рівень теплоспоживання не вище за потрібний. Проводити оптимізацію першого роду зручніше за допомогою чисельних методів аналізу математичних моделей.

Крім зазначених параметрів теплового захисту можна вводити такий фактор, як модернізація системи опалення, яка здатна підвищити її ефективність.

Глобальна оптимізація чи оптимізація термомодернізації житлового фонду другого роду полягає у пошуку найбільш оптимальної послідовності її реалізації. Як теплозахисні заходи, які можуть забезпечити реальне зниження енергоспоживання, розглядаються: утеплення зовнішніх стін; утеплення горищного перекриття; заміна заповнень віконних прорізів; модернізація системи опалення з підвищенням її ефективності та встановленням приладу обліку.

Аналітичні дослідження дозволяють зробити висновок, що оптимізована послідовність термомодернізації житлових будівель матиме такий вигляд: спочатку необхідно утеплити 5-поверхові житлові будинки зі стінами з цегли або залізобетону; потім 3- та 4-поверхові зі стінами з цегли. Завершити програму доцільно термомодернізацією будівель 90-х років, розпочавши з 9-поверхових з холодним та 10-поверхових з теплим горищем і завершивши 9-поверховими з теплим горищем.

Крім того, важливо зазначити, що при аналізі враховувалося число секцій будівель. Тому, починати термомодернізацію 5-поверхових житлових будинків зі

стінами з цегли або залізобетону слід з найбільш протяжних будівель з подальшим переходом до будинків з меншою кількістю секцій, а утеплення будинків 90-х років, навпаки, доцільно починати з будівель з мінімальним числом секцій з переходом до будинків більшої протяжності.

Проведення програми термомодернізації житлових будівель розглянутих серій з урахуванням даних рекомендацій дозволить досягти максимальної економічної ефективності.

**Анна Москвітїна**, кандидат технічних наук

**Марія Шишина**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

### **УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ ІСТОРИЧНИХ СПОРУД ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТВОРІВ МИСТЕЦТВА НА ОСНОВІ ІСТОРИЧНОГО ВНУТРІШНЬОГО МІКРОКЛІМАТУ**

Впродовж тривалого періоду історичні культові споруди функціонували без опалення. Найчастіше у таких спорудах знаходяться твори настінного живопису, ікони, тощо. Типовою особливістю багатьох історичних будівель є товсті стіни, які за рахунок масивності згладжують добові коливання температури і відносної вологості повітря та послаблюють сезонні, створюючи природний мікроклімат, сприятливий для збереження багатьох мистецьких творів.

Природний або історичний мікроклімат може бути суттєво змінений внаслідок функціонування системи опалення, наприклад у випадку церков, коли температуру повітря адаптують з метою комфорту відвідувачів. В першу чергу, запровадження системи опалення доцільне для запобігання вогкості в будівлях під час осінньо-весняного періоду. Однак, такий підхід може спричинити незворотні ушкодження або втрати творів мистецтва, матеріали яких за тривалий час адаптувались до відповідних внутрішніх умов.

Існує кілька стратегій опалення історичних будівель. Безперервне опалення вважається сприятливою стратегією, яка дозволяє уникнути циклічних змін температури і вологості. Вона може реалізовуватись у двох варіантах: обігрів до визначеної температури незалежно від присутності людей або постійний обігрів з підтриманням нижчої температури і підвищенням її в період відвідування. Однак у холодному кліматі навіть помірне опалення може спричинити надмірне падіння відносної вологості. Низький рівень відносної вологості повітря шкодить творам мистецтва (надмірна усадка деревини, лущення фарбового шару, відставання елементів мозаїки). Швидке нагрівання протягом 1 або 2 годин іноді вважається хорошою стратегією, оскільки це занадто короткий час, щоб пошкодити твори мистецтва. Однак різкі коливання температури спричиняють різкі коливання відносної вологості, і обидва ці фактори є небезпечними.

В концепції переривчастого опалення система працює безпосередньо перед та/або під час богослужінь/періоду відвідування, що спричиняє циклічні коливання температури та рівня відносної вологості. Така схема гарантує посередній тепловий комфорт відвідувачів, не є найсприятливішою для творів

мистецтва, але характеризується меншим споживанням енергії порівняно з безперервним функціонуванням.

Європейською Комісією у 2002-2005 р.р. було запроваджено проєкт "Дружне опалення" (Friendly- Heating, FH), що реалізовувався з метою аналізу основних ризиків для збереження творів мистецтва, визначення плюсів і мінусів для кожної концепції опалення. Були проведені дослідження з метою розробки системи опалення, яка б забезпечувала пряме локалізоване тепло тільки для відвідувачів, не розсіюючи занадто багато тепла в приміщенні в цілому, зменшуючи коливання температури і відносної вологості повітря в безпосередній близькості до творів мистецтва. Для церков, де під час служби віряни сидять на лавах, були запропоновані місцеві інфрачервоні обігрівачі, розміщені під сидіннями, які створювали локальний тепловий потік в нижній зоні приміщення для забезпечення комфорту. Така система не спричиняє значного перепаду температури в об'ємі приміщення та на поверхні огорожувальних конструкцій (в межах 0,5-1 °С), що співпадає зі значеннями природного циклу коливання температур. Така система не спричиняє висушування повітря та інтенсифікації випаровування вологи з матеріалу творів мистецтва.

Запровадження системи опалення в кожній конкретній історичній будівлі можливе тільки за умови попередньої комплексної оцінки стану будівлі та творів мистецтва. Якщо опалення запроваджується вперше, то повинні бути розроблені рекомендації щодо початкового контрольованого періоду функціонування системи. Це потрібно для поступової адаптації (акліматизації) будівлі та творів мистецтва до нових умов внутрішнього мікроклімату. Цей перехід може бути забезпечений як періодичним функціонуванням системи опалення, так і безперервною її роботою при частковій потужності. Особливу увагу необхідно приділити цілодобовому моніторингу параметрів повітряного середовища, тепловологісного стану конструкцій будівлі та витворів мистецтва.

**Вадим Корбут**, доктор технічних наук

**Тетяна Ткаченко**, доктор технічних наук

**Віктор Мілейковський**, доктор технічних наук

**Володимир Вахула**

**Вікторія Коновалюк**, кандидат технічних наук

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ОЦІНЮВАННЯ СТВОРЕННЯ КОМФОРТНИХ ТЕПЛОВИХ УМОВ ТА ЧИСТОТИ ПОВІТРЯ ЗОНАЛЬНИМИ МІСЦЕВО-ЦЕНТРАЛЬНИМИ СИСТЕМАМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ З САНАЦІЙНИМ ФІТОДИЗАЙНОМ**

На сьогодні створення оптимальних мікрокліматичних умов обов'язкове для переважної більшості приміщень громадських будівель. Основною проблемою в теплий період року є мінімізація енергоспоживання. Традиційні системи з рециркуляцією вимагають повернення повітря до вентиляційної установки з додатковими витратами енергії на його переміщення. Цього недоліку нема в зональних місцево-центральных системах кондиціонування повітря (або системах вентиляції з охолодженням) – прямотечійна система вентиляції з



теплоутилізацією, що подає мінімальну витрату зовнішнього повітря, та місцеві довідники, які забирають повітря з верхньої або середньої зони, охолоджують його та подають до приміщення. Для спрощення аналітичного опису вважається, що припливне та охолоджене повітря спочатку змішується до суттєвого підмішування повітря верхньої зони, а суміш асимілює тепловологонадлишки відповідно до кутового коефіцієнта променя процесу  $\epsilon$ . Використано аналітичні залежності між параметрами повітряного середовища, за якими побудовано I-d діаграму. Тиск насиченої пари розраховувався за модифікованою формулою Бака. Розглянуто можливість роботи довідників як з, так і без конденсації вологи. При розрахунку асиміляції тепло- та вологонадлишків використано їх окремо, а не  $\epsilon$ . Це усуває потребу оброблення помилки ділення на нуль при  $\epsilon \rightarrow \infty$ . Також при виборі способу підрахунку параметрів точки суміші перевагу віддано розрахунку середньозваженого значення за витратами перед визначенням точки перетину ліній променя процесу та змішування. Адаже за певних умов ці лінії набудуть малого кута між собою. Тоді система рівнянь стає погано обумовленою, а на I-d діаграмі лінії практично зливаються. У такому разі пропонується використовувати середньозважене значення ентальпії або вологовмісту і при графічних побудовах. У результаті створено симулятор роботи даної системи у програмах електронних таблиць. Завдяки ньому проаналізовано вплив різних факторів на продуктивність та холодопродуктивність довідників. Показано, що для максимальної енергоефективності з мінімальними затратами необхідно виконувати розрахунок, а не користуватися укрупненими показниками на кшталт кількості довідників на квадратний метр. Показано, що продуктивність довідників може перевищувати витрату зовнішнього повітря. Довідники повертають відпрацьоване повітря до нижньої зони, що призводить до підвищення вмісту CO<sub>2</sub> в ній та можливості повернення хвороботворних мікроорганізмів і вірусів до неї. На проблему повернення хвороботворних мікроорганізмів і вірусів почали звертати увагу з початком пандемії коронавірусу. І хоча стан пандемії скасовано, але ані коронавірус ані інші віруси респіраторних захворювань не зникли. У майбутньому можуть з'явитися інші віруси, здатні спровокувати нову пандемію. Тому проблему зараження людей у приміщеннях слід вирішувати нарівні з ефективним забезпеченням нормативного вмісту CO<sub>2</sub>. Обидві проблеми одночасно й ефективно вирішує біотехнологічний засіб – санаційний фітодизайн. При фотосинтезі рослини поглинають вуглекислий газ. Імунітет рослин передбачає вивільнення спеціальних летких фітоорганічних речовин – фітонцидів. Вони знищують хвороботворні мікроорганізми. І хоча наявність їх відкрито Борисом Токіним ще у 20-х роках ХХ століття, до сьогодні немає точного хімічного опису та класифікації. Методи визначення є непрямими – виявлення пригнічення розвитку мікроорганізмів. Рекомендовано асортимент рослин: Citrus Limon/paradisi, Ficus Benjamina, Aspidistra, Aglaonema, Azalea, Chlorophytum, Dracaena, Fuchsia, Monstera, Philodendron, Sansevieria (поглинає вуглекислий газ у темряві), Schefflera, Zamiaculcas zamiifolia. Роботу виконано в рамках прикладного дослідження з держбюджетним фінансуванням 0122U001197, а також грантової програми Erasmus Plus «Multilevel Local, Nation- and Regionwide Education and Training in Climate Services, Climate Change Adaptation and Mitigation – ClimEd», 619285-EPP-1-2020-1-FI-EPPKA2-CBHE-JP, 15.11.2020 – 14.11.2023.

*Сергій Рибачов, кандидат технічних наук*

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **РОЗРОБКА ОПТИМАЛЬНИХ РІШЕНЬ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МІСЦЕВИХ ТА ЗАГАЛЬНООБМІННИХ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ ФАРБУВАЛЬНИХ ТА ФАРБУВАЛЬНО-СУШИЛЬНИХ КАМЕР**

Для розміщення фарбувальної камери може використовуватись будь-яке приміщення, але сама головна умова повинна дотримуватись – в ньому повинна бути якісна вентиляція. Для цього необхідно не тільки обладнання, а й правильні рішення та розрахунки щодо його підбору. Основна задача систем вентиляції полягає в своєчасному видаленні випарів фарби та розчинників.

Використання порошкових фарб вирішує декілька основних проблем фарбувальних цехів. Проте такий спосіб залишає ряд проблем, що необхідно вирішити саме системами вентиляції.

Порошкова фарба при розпиленні зависає в повітрі на певний час, а в деяких концентраціях може навіть утворювати іскри. Окрім того, працівники можуть вдихати цей порошок, що також вимагає певних рішень локалізації і уловлення фарби. Також необхідний контроль температури, оскільки порошковий матеріал добре зберігається при 18 – 25 С, а при високій вологості маса сідатиме, що погано впливає на дисперсність, а значить, на якість розпилення. При неправильному зберіганні фарбувальних матеріалів виникають багато інших проблем.

Печі для сушки та полімеризації являються основними джерелами надлишкової теплоти, що суттєво ускладнюють кліматичні умови цехів в теплий період року. Слід мати на увазі, що конструкції печей і установок підготовки поверхні передбачають вентиляцію. Вона необхідна для видалення побічних продуктів тверднення і продуктів згоряння палива. Необхідно передбачати подачу свіжого повітря, що проходить попередню обробку для горіння палива в таких печах.

Створення і підтримка необхідних кліматичних параметрів в цеху фарбування порошковими фарбами основна задача такого дослідження. Попередній аналіз і огляд існуючого обладнання показав, що при схожій структурі і компоновці обладнання по сумарній потужності вентиляційних пристроїв може відрізнятись в декілька раз.

Надалі буде розглянуто технічні рішення по проектуванні систем вентиляції фарбувальних відділень порошковими фарбами.

*Олександр Задоянний, кандидат технічних наук*

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ПОРІВНЯЛЬНИЙ ЕКСЕРГЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПРЯМОТОВОЇ ТА РЕЦИРКУЛЯЦІЙНИХ ЦЕНТРАЛЬНИХ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ**

Ексергетичний аналіз систем кондиціонування повітря (СКП) доводить можливості коректного порівняння схемних рішень 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. Це дозволяє оцінювати й порівнювати між собою характерні для СКП енергетичні та матеріальні потоки і визначати відповідні показники енергоощадності.

Порівняльний інструментарій ексергетичного аналізу для СКП включає декілька методик, об'єднаних в єдину методологію, яка передбачає визначення наступних показників в порівнювальних системах:

- ексергетичний коефіцієнт корисної дії – ЕККД, %;
- корисні ексергетичні потоки, кВт;
- витрачені ексергетичні потоки, кВт;
- ексергетичні втрати, кВт;
- питому корисну ексергію, кДж/кг;
- питомі ексергетичні витрати, кДж/кг;
- питомі ексергетичні втрати, кДж/кг;
- питомі корисні ексергетичні потоки, кДж/кг;
- питомі витрачені ексергетичні потоки, кДж/кг;
- відносні ексергетичні втрати, %.

Наведені показники всебічно охоплюють необхідні дані для коректної чисельної оцінки ефективності (енергоощадності) СКП та порівняння їх режимів роботи.

Для порівняльної чисельної оцінки трьох різних схемних рішень СКП було взято однакові умови внутрішніх та зовнішніх параметрів повітря для розрахункових холодного та теплого періодів року. Розрахунки було проведено для конкретного об'єкту в Києві – приміщення громадського харчування на початковому етапі проектування. Продуктивність СКП однакова для всіх схемних рішень і склала 10200 м<sup>3</sup>/год.

Розрахункові границі термодинамічної системи СКП було обмежено параметрами зовнішнього та припливного повітря в приміщення. Було створено термодинамічну модель СКП, визначено для неї масові, термічні та ексергетичні потоки та складено відповідні балансові рівняння. На підставі балансових рівнянь було обраховано значення вищенаведених показників.

Результати розрахунків показали наступне. Для холодного періоду року ЕККД прямотокової системи склав 20,16%, для теплого 6,58%. Для СКП з однією рециркуляцією, відповідно, – 53,43% та 7,69% і для СКП з двома рециркуляціями – 59,35% та 7,35%. Як видно з результатів, СКП з рециркуляціями набагато ефективніші за прямотокову для холодного періоду року, а для теплого періоду відмінність в значеннях ЕККД незначна.

Крім того було обраховано варіанти СКП із форсунковою камерою зрошування та із зволоженням парою для холодного періоду. Результати показали вкрай низьке значення ЕККД для СКП із зволоженням парою, величина якого склала 7,26%. Питомі значення витраченої ексергії для цієї схеми підтверджують низьке значення ЕККД і складають 73,20 кДж/кг, що майже втричі більше цієї величини для прямотокової схеми із форсунковою камерою зрошування - 26,35 кДж/кг та набагато перевищують ці значення для СКП з однією рециркуляцією – 15,24 кДж/кг і з двома – 11,14 кДж/кг, які також обладнані форсунковими камерами зрошування.

Решта з перелічених вище показників також показує перевагу щодо енергоощадності СКП з рециркуляціями, що підтверджує коректність застосованої методології.

Розрахунки показників енергоощадності із застосуванням ексергетичного методу було проведено для обладнання, яке присутнє на ринку СКП України, технічна документація його є у відкритому доступі. Бренди, постачальники і виробники обладнання з умов конфіденційності не розголошуються, щоб не нанести шкоди іміджу компаній.

Результати наведених розрахунків підтверджують достатню коректність ексергетичного методу у визначенні показників енергоощадності СКП, а застосована методологія потребує гармонізації із існуючими та застосуванню на вимогу виконання державних стандартів з енергоефективності та енергозбереження.

**Олександр Демидов**

*Олена Коваль, кандидат технічних наук*

*Євгеній Юрченко, кандидат технічних наук*

**Артем Коваль**

*Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, Дніпро, Україна*

## **АНАЛІЗ ІНСОЛЯЦІЇ ТА ОСВІТЛЕННЯ З НАСТУПНИМ МОДЕЛЮВАННЯМ ШТУЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ ОФІСНОГО ПРИМІЩЕННЯ**

У сучасному світі освітлення офісних приміщень стає ключовим фактором в діяльності будь-якого підприємства. Забезпечення якісного освітлення та оптимальної інсоляції важливо не лише для забезпечення комфорту працівників, але і для підвищення їхньої продуктивності. Розкриття проблем в сфері освітлення та розробка якісних рішень стає важливим завданням, що визначається сучасними вимогами та потребами.

Офісна будівля, що розташована у місті Дніпро, зокрема має другий поверх, частково мансардний із великим вітражним склінням, охоплює площу 136,56 м<sup>2</sup>, що використовується як зона open-space. У цьому просторі розміщено 18 автоматизованих робочих місць, що підкреслює важливість ефективного та адекватного освітлення для забезпечення продуктивної діяльності працівників.

Наразі використовується освітлення, представлене 20 світлодіодними лампами Brille 24W/864 E27 CW G95 (PL-SP) 220V, розташованими на висоті 2.8 метра. Однак, при всій своїй сучасності та енергоефективності, система освітлення вимагає уваги до відповідності нормам та стандартам, що регулюють освітлення в офісних приміщеннях в Україні.

Метою дослідження стала не лише ідентифікація, але й розв'язання проблеми оновлення освітлення в офісному приміщенні. Зокрема, в рамках дослідження, були проведені виміри освітлення сертифікованими приладами та моделювання нової системи освітлення у системи DIALux Evo Pro, яка відповідала б не лише сучасним стандартам та нормам, а й враховувала унікальні особливості даного простору.

Велике скління офісного приміщення, яке відзначається високим рівнем природного освітлення, створює унікальні архітектурні умови, але й може породжувати проблеми, пов'язані з ефективністю освітлення. Наші виміри за допомогою спеціалізованих приладів повинні підтвердити, що тінь від дерев у навколишньому середовищі створюється настільки великою, що значно обмежує проникнення природного світла в середину приміщення.

Система освітлення виявила проблему точкового включення ламп над окремими робочими місцями, що негативно впливає на освітленість приміщення. Попередні виміри освітленості проводилися об 11 годині ранку у другий тиждень жовтня при сонячній погоді. Для цього використовувалися три пристрої: Testo 440 – професійний люксметр, FLUS MT-912 – портативний міні люксметр і смартфон Redmi Note 8 Pro з застосунком Lux, каліброваним за допомогою Testo 440.

Вимірювання вказують на освітленість робочих поверхонь та стін. Середня освітленість автоматизованих робочих місць у приміщенні, де постійно перебувають люди, становить 241 Лк від змішаного освітлення, що нижче нормативів (500 Лк) відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 "Природне та штучне освітлення" та ДСТУ EN 12464-1:2016 "Світло та освітлення. Освітлення робочих місць. Частина 1. Внутрішні робочі місця". Така освітленість не відповідає встановленим стандартам.

Було розраховано необхідний світловий потік для досягнення 500 Лк на робочих поверхнях в приміщенні при висоті розташування світильників 3,6 м за методом коефіцієнта використання світлового потоку при індексі приміщення 2,0.

Моделювання освітлення в програмі DIALux Evo Pro проводилося варіативно, охоплюючи декілька типів ламп для порівняння енергопотребити та якості освітлення простору.

Натурні заміри, розрахунки та моделювання надали очевидну картину. Обрані світильник Philips LL512X LED50S/840 WB HE з світловим потоком 4994 Лм, при зростанні потреби в електроенергії на 17% на рік дають нам освітлення відповідно норм для роботи в офісному приміщенні з автоматизованими робочими місцями.

Велике скління не додає переваг в інсоляції приміщення, як ми бачимо з таблиці вимірювань природне освітлення працює більш на вертикальних не робочих поверхнях та недостатнє в денний час. Тому потребує додаткових розрахунків трансмісійних тепловтрат та пошуку варіантів заміни на енергоефективні рішення – зменшення скляних конструкцій або модернізація існуючих відповідно до нових стандартів.

Результати наукових та практичних досліджень спрямованих на визначення та підвищення рівня комфорту працівників можуть бути використані в подальшому, як приклад для впровадження на схожих об'єктах.

*Юрій Франчук, кандидат технічних наук*

*Вікторія Коновалюк, кандидат технічних наук*

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОСТІ ГАЗОРОЗПОДІЛЬНИХ СИСТЕМ**

Так як Україна є членом Європейського енергетичного співтовариства з 2010 року, а в 2024 році буде головувати в Енергетичному Співтоваристві (терміном на один рік) проведено ряд реформ в енергетичному секторі направлених на забезпечення євроінтеграції та розширення можливостей енергетичного партнерства. Ці реформи в тому числі зобов'язують суб'єктів газового ринку під час здійснення господарських операцій використовувати якісні (енергетичні) характеристики природного газу.

Перехід до обліку газу в одиницях енергії, разом із оновленням газовикористовуючого обладнання на сучасне, яке потребує відмінних від застарілого характеристик природного газу спонукає до застосування нових підходів в розрахунках газових мереж.

Зміна підходу дасть можливість більш ефективно підбирати діаметри газопроводів, що зменшить капітальні витрати на будівництво та реконструкцію газових мереж, дозволить аналізувати можливості постачання необхідних об'ємів газу з заданими параметрами в існуючих газопроводах, та позитивно вплине на показники енергоефективності системи.

При будівництві системи газопостачання визначають діаметри трубопроводів для пропускання розрахункової витрати газу (яка потім буде обрахована в одиницях енергії) при максимально допустимих втратах тиску газу. При виконанні робіт з реконструкції газопроводів при відомих діаметрах на ділянках необхідно забезпечити розрахункове падіння тиску із подаванням необхідної кількості теплової енергії.

Кількість енергії газу, що подається споживачам по трубопроводах залежить від кількості протранспортованого газу та енергетичної цінності одиниці його об'єму. Для розрахунків газопроводів передбачено використовувати теплоту згоряння газу в кількості 34 МДж/м<sup>3</sup>.

В методиках, що були використані при визначенні діаметрів газопроводів, які продовжують експлуатуватися і зараз, приймалась теплота згоряння в кількості 31,8 МДж/м<sup>3</sup>. Але в Кодексі встановлено, що теплота згоряння газу, який подається в систему газопостачання має відповідати іншим чисельним значенням.

Вимоги нормативного документу передбачають що якість природного газу має відповідати вимогам документу.

У відповідності до закону України здійснюється перерахунок розподілу потужностей у точках входу до газотранспортної системи та/або в точках виходу з газотранспортної системи, що визначені в одиницях об'єму (метрах кубічних), в обсяги, визначені в одиницях енергії, за коефіцієнтом, що відповідає значенню вищої теплоти згоряння та дорівнює 38,3 МДж/м<sup>3</sup> (10,64 кВт·год/м<sup>3</sup>). Але при розрахунку розподільчої частини системи газопостачання ДБН «Газопостачання» рекомендує використовувати теплоту згоряння газу в кількості 34 МДж/м<sup>3</sup>, що нижче прийнятого в перерахунку значення на 12,6 %.

Використання значення вищої теплоти згоряння в кількості 38,3 МДж/м<sup>3</sup> при проведенні гідравлічного розрахунку газопроводів дозволить раціональніше підбирати діаметри на ділянках. Використання витрат газу, визначених в одиницях енергії, дозволить зменшити фактичні діаметри газопроводів, їх матеріалоємність, отже і загальну вартість системи.

При відновленні і реконструкції систем газопостачання врахування цього фактору дозволить отримати повнішу інформацію про пропускну здатність системи при забезпеченні потрібних перепадів тиску.

Забезпечення відповідності визначення кількості газу в одиницях об'єму (при доставці споживачу) і в одиницях енергії (при здійсненні нарахувань за спожитий газ) з використанням однакового коефіцієнту дозволить отримати більш достовірний результат.

Вирішенні прямої задачі дасть змогу більш точно визначати діаметри газопроводів для постачання заданого об'єму газу з певними параметрами. Це зменшить матеріалоємність труб, а отже здешевить будівництво в цілому. При вирішенні оберненої задачі буде можливість при відомому діаметрі газопроводу визначити точні об'єми поставок газу при заданому перепаді тиску. Це дасть змогу повніше використовувати наявний потенціал мережі газопостачання.

**Дар'я Вакуленко**

**Віктор Мілейковський, доктор технічних наук**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТОВЩИНИ ТЕПЛОВОЇ ІЗОЛЯЦІЇ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ЦИЛІНДРІВ**

Сучасні системи підтримання нормованих параметрів мікроклімату мають відповідати чинному законодавству України, у тому числі вимогам діючих норм з енергоефективності. Для досягнення високого рівня енергетичної ефективності потрібно застосовувати вентиляційні системи з утилізацією теплоти витяжного повітря. Найбільш поширеними системами вентиляції житлових будинків досі залишаються системи з природнім спонуканням руху повітряних мас або комбіновані з використанням місцевих витяжних вентиляторів.

Для досягнення необхідного класу енергоефективності житлового будинку доцільно використовувати компактні, економічні та прості в улаштуванні децентралізовані вентиляційні установки з утилізацією теплоти типу Твін Фреш фірми Вентс (Україна). Такі системи улаштовуються у зовнішніх стінах, зблоковуються попарно і працюють у режимі «присутності людини у приміщенні» за датчиком вуглекислого газу або вологості. Утилізацію теплоти здійснює регенератор. Енергоефективність установки залежить від його конструктивних і теплофізичних особливостей.

Коефіцієнт тепловіддачі - це фізична величина, яка наочно ілюструє ефективність роботи реверсивного регенератора теплоти. У ході теоретичних досліджень ефективності роботи регенеративного теплоутилізатора за різними

підходами було отримано значення коефіцієнтів тепловіддачі зі суттєвою різницею.

Необхідно провести експериментальні дослідження для отримання коректного значення коефіцієнта тепловіддачі, яке властиве теплоутилізатору з відповідними конструктивними особливостями. Під час підготовки експериментального стенду виникла необхідність уточнення коректної товщини теплової ізоляції для максимальної мінімізації теплообміну поверхні досліджуваної трубки із середовищем приміщення. Це сприятиме зменшенню сумарної похибки лабораторних результатів дослідження коефіцієнта тепловіддачі. Це також зменшує експериментальну невизначеність.

Існує поняття критичної товщини ізоляції, якої достатньо для мінімізації тепловтрат від циліндричних поверхонь назовні. Ця концепція показує критичну товщину теплової ізоляції як глобальний максимум її ефективності. У цій теорії коефіцієнт теплопередачі зовнішньої поверхні вважається постійним, але дослідження показали, що він зменшується при збільшенні товщини ізоляції. При аналізі залежності термічного опору від зовнішнього діаметра відносно внутрішнього діаметра та його похідної спостерігалася асимптотичне зростання теплового опору без екстремумів.

Було зроблено наступні висновки:

1. Правильне збільшення товщини теплоізоляції дозволяє досягти ламінарного термогравітаційного обтікання теплоізоляції горизонтальної труби.
2. Теорію критичного діаметра було спростовано, доведенням зменшення коефіцієнта тепловіддачі ззовні зі збільшенням товщини ізоляції.
3. Використання ізоляції відповідної доцільної товщини дозволяє підвищити енергоефективність приладів і агрегатів.

**Павло Гламаздін**

**Кирило Баранчук**

*Danfoss-Україна*

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ**

Системи централізованого тепlopостачання міст України знаходяться у важкому стані і обсяг послуг з тепlopостачання та гарячого водopостачання постійно скорочується. В той же час такі системи активно розвиваються в країнах північної Європи. Головні ідеологи цього розвитку – данці, пропонують розглядати гносеологію питання в розрізі окремих етапів. Етапів всього виділено п'ять. Централізоване тепlopостачання в Данії знаходиться на четвертому етапі розвитку та активно просувається до п'ятого етапу.

Четвертий етап характеризується основними ознаками: низька температура теплоносія в мережі; використання крім когенераційних джерел теплоти (в основному на базі сміттєспалювальних заводів), відновлювальних джерел теплоти, в тому числі через теплові насоси, скидної теплоти від промисловості та торгівельних центрів та інших джерел.



На п'ятому етапі посилюється роль теплових насосів, акумуляторів теплоти, в тому числі сезонних, використання електроенергії в години спаду споживання для прямого нагріву води та використання надлишків теплоти, що з'являються у споживачів, в тому числі і в приватних будинках.

Зростання споживання електроенергії системами теплопостачання неминуче веде до посилення зв'язків між системами електропостачання та теплопостачання і в перспективі до об'єднання обох сьогодні незалежних систем в єдину систему енергозабезпечення міста. В цьому процесі все більше місця будуть займати теплові насоси. Причому не тільки в якості термотрансформатора при використанні поновлювальних низькотемпературних джерел теплоти. Вони мають зайняти чільне місце в теплових схемах когенераційних установок для вирівнювання перекосів між тепловим навантаженням та електричним на протязі доби в залежності від пори року.

Так саме вони можуть використовуватись в індивідуальних теплових пунктах для підвищення температури теплоносія в подавальному трубопроводі шляхом зниження температури теплоносія в зворотньому.

Взагалі індивідуальні теплові пункти повинні отримати подальший розвиток в двох напрямках: – поглиблення автоматизації роботи та удосконалення алгоритмів управління з метою більш точного реагування внутрішніх систем на зміни зовнішніх погодних умов; – організація передавання надлишків теплоти від внутрішніх систем до загальної теплової мережі аналогічно тому, як це зараз здійснюється в електричних мережах. Реалізація цих напрямків потребує внесення суттєвих змін до теплових схем теплових пунктів і розроблення нових алгоритмів управління подібними тепловими пунктами.

**Юрій Франчук, кандидат технічних наук**

**Павло Гламаздин**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГАЗОВИХ МЕРЕЖ НИЗЬКОГО ТИСКУ**

Україна є однією з найбільш газифікованих країн. В газотранспортній системі України представлені всі види газопроводів – від магістральних до внутрішньоквартальних та дворових низького тиску. Природний газ є пріоритетним енергоресурсом країни. Його частка в енергобалансі займає близько 40%. Однак на сьогодні газотранспортна система країни має ряд проблем, частина з яких обумовлена неналежним станом газопроводів низького тиску, які у великому обсязі були побудовані в 70-80х роках минулого сторіччя. За довгі роки експлуатації вони дістали багатьох пошкоджень через посилену корозію, що в свою чергу призводить до пониження якості газу. В ньому з'являється стороння волога та різні тверді домішки.

Інша проблема – це постійно зростаюча кількість споживачів, що під'єднується до мереж низького тиску, які від початку не були розраховані на таку велику кількість споживачів. Це призводить до падіння в них тиску, особливо в

зимовий час, коли збільшуються потреби витрати газу на опалення. До того в останні роки збільшується об'єм газу, що надходить в мережу від місцевих родовищ, який не завжди за якістю відповідає стандартним вимогам – за вмістом вологи, азоту, двоокису вуглецю, важких вуглеводних. Всі ці обставини приводять до появи в трубопроводах, регуляторах, приладах обліку кристалогідратів. Це викликає аварійні перерви в газопостачанні якраз в часи пікового зростання витрат газу. Одним з методів, який може частково вирішити проблему появи кристалогідратів при від'ємних температурах може бути використання перед регуляторами або витратомірами приладу, що реалізує ефект Ранка-Хілша, так звана вихорова труба. Звичайно в ній розділяється газ на два потоки – більш нагрітий в центрі і більш холодний на стінках приладу. Але в розглядаємому випадку це не має сенсу. Тому запропоновано покращену конструкцію приладу, в якій газ не розділяється на два потоки, але весь потік газу в цьому приладі нагрівається, що запобігає появі кристалогідратів. Однак і тут може виникнути проблема. Для роботи приладу необхідний сталий тиск газу на вході. Якраз цього в зимовий період гарантувати не вдається – збільшується набагато витрата газу в мережі – падає його тиск. Можливим виходом з тупикової ситуації може стати зміна площі перерізу каналу в приладі Ранка-Хілша при зміні тиску газу

. Однак це призведе до серйозного ускладнення конструкції приладу та необхідності розроблення системи автоматичного регулювання параметрів його роботи. Таке ускладнення може знизити надійність приладу в експлуатації. В такому разі на допомогу може прийти компресор-дожимач тиску, який можна улаштувати в проблемній точці перед приладом Ранка-Хілша. Такий компресор, оснащений інвертором, буде тримати тиск на вході в прилад Ранка-Хілша на постійному рівні попри його коливання в трубопроводі.

Таким чином комбінація з цих двох приладів дасть змогу стабільного і надійного газопостачання в споживачів, що знаходяться на проблемних ділянках газопроводів низького тиску.

***Віталій Войналович***

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ҐРУНТОВІ ТЕПЛОВІ НАСОСИ ЯК ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ПОТРЕБ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД**

Використання альтернативних джерел енергії є одним із найбільш важливих напрямів сучасної енергетичної політики, спрямованої як на поліпшення стану довкілля, так і на заощадження традиційних паливно-енергетичних ресурсів. Прийняті законодавчі, нормативно-правові акти сприяли стрімкому зростанню «зеленої» енергетики в Україні. Сенс процесу еколого-енергетичної оптимізації – не заміна одного джерела енергії іншим, а економічна та індустріальна трансформація, декарбонізація та децентралізація. Запропоновано технічне вирішення проблеми стосовно джерела альтернативної енергії за рахунок використання теплоти при поверхневих шарів земної кори. На глибині розміщення зондів-теплообмінників, які структурно входять до складу теплонасосних установок, температура ґрунту практично незмінна протягом року і позитивна. Для

підвищення експлуатаційної надійності установок застосовано незамерзаючі розчини гліколю. Для вивчення процесів теплової взаємодії в зоні розміщення зондів-теплообмінників застосовано математичне моделювання з використанням методу кінцевих елементів. В результаті отримано значний масив даних, який відображає динаміку температурних полів при різних режимах експлуатації ґрунтових теплонасосних установок з вертикальними зондами.

Після влаштування тестових зондів на майданчику були проведені натурні випробування для визначення ефективності теплообміну між теплообмінником та ґрунтом. За результатами натурального експерименту, був отриманий масив даних, які відображали фактичну теплопродуктивність джерела енергії. Результати експерименту були внесені в розрахункову модель, та проведено повторне уточнююче моделювання. За цими результатами вдалось більш точно визначити кінцеві параметри обладнання, загальну кількість зондів, продуктивність циркуляційних насосів, гідравлічний режим та річні показники виробництва-видобутку теплової енергії для потреб опалення, охолодження та підігріву ГВП.

Отримані результати аналітичних та натурних досліджень були використані при проектуванні ґрунтової теплонасосної установки для потреб енергопостачання громадської будівлі з розрахунковою тепловою потужністю 200 кВт.

### **Використання теплової енергії. Нетрадиційні джерела енергії**

**Володимир Лабай**, доктор технічних наук

Національний університет «Львівська політехніка», Україна

**Галина Верещинська**

ВСП «Техніко-економічний фаховий коледж Національного університету «Львівська політехніка», Україна

### **СПОСІБ УЛАШТУВАННЯ ВНУТРІШНЬОЇ ТЕПЛОВОЇ ІЗОЛЯЦІЇ ЗОВНІШНІХ ЗАХИСНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИМІЩЕННЯ**

Зменшення енергоспоживання існуючих будівель зараз є однією з ключових проблем у будівельній галузі. У будівлях з низьким енергоспоживанням втрати тепла не повинні перевищувати 5%. Отже, існує нагальна потреба покращити теплові характеристики зовнішніх стін шляхом теплоізоляції. В сучасному будівництві, зазвичай, застосовують зовнішнє утеплення стін будинків, проте трапляються випадки, (пам'ятки архітектури) коли такий спосіб виконання є неприпустимим, тоді внутрішня ізоляція стає єдиним доступним рішенням.

Ця стаття має на меті обговорити екстремальні умови, за яких можна уникнути конденсації, тим самим уникнути руйнування огорожувальної конструкції. В роботі представлено дослідження енергозберігаючої конструкції фасаду житлового будинку, в якому використовуються ізоляційні матеріали, які придатні для цілей внутрішньої ізоляції історичних будівель.

Проведений аналіз вітчизняних та європейських літературних джерел, що стосуються підвищення рівня теплового захисту будівель та енергозбереження,

свідчить про те, що підвищення енергоефективності є важливим для забезпечення сталої, доступної та безпечної енергетичної системи.

У роботі представлені результати дослідження, спрямованого на підвищення енергоефективності в житлових будинках, а також аналіз вологісного стану та можливості утворення конденсату при застосуванні внутрішнього утеплення. Для підтвердження результатів було проведено чисельне моделювання. Отримані результати свідчать про те, що використання мінерального утеплювача "БЕТОЛЬ®" та алюмінієвої фольги використаної в ролі паробар'єру, накладених зсередини, сприяє покращенню теплоізоляції стін і знижує ризики утворення конденсату.

Комп'ютерне моделювання продемонструвало, що за розглянутих умов конденсація не виникає. Це дослідження вносить важливий внесок у розвиток енергоефективних рішень для будівельної галузі так, як дозволить забезпечити мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішніх огорожень, подовжити їх термін експлуатації.

**Борис Басок**, доктор технічних наук

**Олександр Недбайло**, доктор технічних наук

**Ігор Божко**, кандидат технічних наук

*Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ, Україна*

**Володимир Мартенюк**, аспірант,

*Національний університет харчових технологій, Київ, Україна*

## **ОСОБЛИВОСТІ КВАЗИСТАЦІОНАРНОГО ТЕПЛООБМІНУ ТА ЯВИЩА НЕСТІЙКОСТІ У СИСТЕМІ ПОВІТРЯНОГО ОПАЛЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО БУДИНКУ**

Енергоефективність будинку суттєво залежить від реалізації вентиляції його окремих приміщень. При цьому використання в системі вентиляції теплообмінника-рекуператора із можливістю додаткового нагрівання зовнішнього припливного повітря для створення належних санітарно-гігієнічних умов та відповідного теплового режиму приміщень опціонально широко використовується. Локальний теплопідвід від електричного нагрівача до стінок повітропроводу подачі вентиляційного повітря створює умови для порушення стійкості руху повітряного потоку, виникнення термоакустичних коливань теплоносія (погіршення показників акустичного комфорту для людей, які перебувають у відповідних приміщеннях), а також зниження енергетичної ефективності експлуатації вентиляторів (нагнітачів).

Для більш детального вивчення даної проблеми та вжиття технічних заходів щодо запобігання низки цих негативних явищ нижче проаналізована їхня фізична сутність та розроблений математичний апарат, що дозволяє моделювати такі фізичні процеси із урахуванням проявів нестійкості руху повітряних потоків у розподільчих каналах.

З великим сумнівом цей процес можна вважати керованим. Створюючи теплообмінний пристрій, конструктор не може не тільки передбачити ступінь його стійкості, але і те, якими шляхами нестійкість робочого режиму буде надійно усунена або в необхідних межах ініційована.

В якості складової енергетичного аналізу в роботі показано, що наявна ділянка спадаючої гілки на залежності сумарних гідравлічних втрат у контурах, що утворюється через від'ємний тепловий опір в області переходу ламінарного режиму течії до турбулентного. Теоретично встановлено, що здійснюючи каліброване шайбування на вході до гідравлічного контуру присутній характер зникнення гілки від'ємного опору і виникнення точки перегину на залежності гідравлічних втрат, що також може спостерігатися експериментально. Розглянуті способи стабілізації течії при сумісній дії механізмів часткового дроселювання і від'ємного теплового опору.

В роботі були проаналізовані способи зниження амплітуди коливань, що виникають при локальному теплопідводі до стінок повітропроводу та перетворенні механічної енергії обертання приводу лопатевого вентилятора в напір потоку.

**Паєло Гламаздін**

**Богдан Козячина**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ВРАХУВАННЯ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН ПРИ ПОБУДОВІ ГРАФІКА РОСАНДЕРА**

Кліматичні умови мають безпосередній вплив на проектування та режими експлуатації більшості інженерних систем. Так само як кількість опадів впливає на проектування систем водовідведення, інтенсивність сонячного випромінювання впливає на проектування фотоелектричних систем та геліосистем, так і температура атмосферного повітря впливає на проектування та показники енергетичної ефективності усіх елементів систем тепlopостачання. Мінливість температури зовнішнього повітря значною мірою впливає на витрату теплоти та палива з дня в день, з місяця в місяць та з року в рік. Динаміка цих змін визначається впливом широкої групи геофізичних явищ, що складним чином взаємодіють між собою, передбачити вплив та зміни яких в дійсний час є дуже складною задачею.

Надзвичайно важливим інструментом при розробці джерел теплоти, який дозволяє оцінити зміну теплових навантажень споживачів та промоделювати алгоритми роботи джерел теплоти з урахуванням мінливості температури зовнішнього повітря в географічних умовах об'єктів проектування є графік тривалості теплових навантажень протягом опалювального періоду (графік Росандера). Побудова графіка Росандера неможлива без наявності даних про тривалість стояння температур зовнішнього повітря протягом опалювального періоду. В роботі розкрито проблему відсутності актуальних температурних даних, необхідних для побудови графіка Росандера в чинних нормативних документах. Проведено аналіз попередніх досліджень, у яких розроблялись температурні дані з тривалістю стояння, а також обґрунтовано необхідність їх уточнення. Оброблено масиви погодинних температур зовнішнього повітря за двома погодними моделями, а також масив середньодобових температур, отриманих в результаті вимірювань з метеостанції для географічного розташування головного корпусу КНУБА. В результаті порівняльного аналізу виявлено ближчу до дійсності модель

та розроблено на її основі актуальні дані по тривалості стояння температур зовнішнього повітря для міста Києва з кроком температур в 1°C. Проведено порівняння отриманих температурних даних з тими, що були розроблені в попередніх дослідженнях, а також температурними даними, що містяться у відміненому нормативі. Побудовано криву багаторічного ходу середніх ковзких температур зовнішнього повітря зимових періодів 1973-2023 рр. та проведено її порівняння із кривою, що характеризує хід ковзких середніх п'ятирічних температур зимових періодів 1861-1970 рр.

Враховуючи мінливість температур зовнішнього повітря, можна зробити висновок про необхідність постійного моніторингу за кліматичними змінами та своєчасного оновлення кліматологічних нормативів. При цьому під час розробки кліматологічних нормативів необхідно спиратись не лише на сьогоднішні та минулі кліматичні зміни, а і зазирати наперед за допомогою сучасних методів та засобів моделювання. Ці заходи посприяють підвищенню точності вибору обладнання, а отже і зменшенню витрати енергоносіїв системами тепlopостачання.

### ***Сергій Ословський***

*Київський національний університет будівництва та архітектури, Україна*

***Михайло Безродний***, доктор технічних наук

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

***Михайло Кириченко***, кандидат технічних наук

*Київський національний університет будівництва та архітектури, Україна*

## **ЕНЕРГЕТИЧНА ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ҐРУНТОВОГО ТЕПЛОВОГО НАСОСУ ДЛЯ КОНДИЦІЮВАННЯ ПОВІТРЯ**

Системи опалення, вентиляції та кондиціювання (ОВіК) є основним споживачем енергії в будівництві. Міжнародне енергетичне агентство повідомило, що очікується зростання загальної кількості кондиціонерів, встановлених у всьому світі, з 1,6 млрд. одиниць у 2018 р. до 5,6 млрд. одиниць до 2050 р. Отже, підвищення енергоефективності систем кондиціювання дуже важливо для зменшення потреби в нових електростанціях та підвищення загального еколого-енергетичного стану речей в світовому масштабі. Одним із шляхів вирішення енергетичної є використання альтернативних джерел енергії, частиною яких є теплові насоси (ТН) з різними джерелами теплоти: повітряні, ґрунтові, геотермальні та ін.

Порівнюючи основні типи ТН (повітряний та ґрунтовий), які використовуються в широтах України, слід зазначити, що ґрунтові ТН можуть значно зменшити споживання енергії на опалення та охолодження приміщень у будівлях. Холодильний коефіцієнт (EER) теплових насосів залежить насамперед і в найбільшій мірі від різниці температур між простором кондиціювання та джерелом теплоти (холоду). На відміну від зовнішнього навколишнього повітря, температура ґрунту є майже постійною (близько 8 – 12 градусів Цельсія) протягом року і вищою за температуру навколишнього повітря взимку та нижчою від температури навколишнього повітря влітку. Таким чином, менший перепад

температур між джерелом теплоти та приміщенням, що кондиціонується (опалюється) відповідає більшому значенню коефіцієнта перетворення ґрунтового ТН, а значить, і більшій ефективності використання енергії в порівнянні з повітряним ТН.

На відміну від систем кондиціонування з повітряними ТН середовище для скидання відведеної теплоти (ґрунт) має більш низьку температуру ніж температура в об'єкті кондиціонування (ОК) і тому за певних умов (температури зовнішнього повітря і параметрів скидного пристрою) теплота від ОК може скидатись в ґрунт природним шляхом (самопливом), не використовуючи ТН. Такий режим роботи є пасивним режимом кондиціонування. Для визначення меж такого режиму треба співставити величини теплових потоків, що скидаються з приміщення, з тепловими потоками, що можуть бути сприйняті стоком теплоти (ґрунтом).

Отримавши результати аналізу енергетичної ефективності, які показали суттєві переваги ґрунту, як джерела холоду, порівняно з повітрям, було проведено також економічний аналіз. В результаті дослідження економічного ефекту використання системи кондиціонування на базі ґрунтового ТН порівняно зі звичайним кондиціонером (спліт-система) було отримано величину економії електроенергії на одиницю виробленої теплоти та термін окупності запропонованого рішення.

**Тимофій Місюра**

**Наталія Чепурна**, кандидат технічних наук

*Київський національний університет будівництва та архітектури, Україна*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОАСОСНОЇ СИСТЕМИ З РЕКУПЕРАЦІЄЮ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ ВИКИДІВ ДЛЯ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПРИМІЩЕННЯ**

Використання теплових насосів (ТН) у вентиляції та кондиціонуванні вимагає особливого підходу. Зовнішнє чисте повітря, осушене після проходження через випарник ТН, потребує нагріву до заданої температури на вході до приміщення. Бажаних умов припливного повітря можливо досягти шляхом змішування двох потоків повітря: охолодженого у випарнику ТН і нагрітого в конденсаторі ТН. Енергоефективність підвищується завдяки частковій рециркуляції відпрацьованого повітря з використанням виробленого холоду.

Проте існує потенціал для подальшого підвищення енергоефективності шляхом попередньої рекуперації холодного відпрацьованого повітря для охолодження вхідного свіжого атмосферного повітря. Очікувані переваги включають зменшення навантаження на випарник ТН, зменшення роботи компресора та підвищення загальної енергоефективності установки. Однак використання рекуператора в системі ТН вимагає термодинамічного дослідження через ризик перегріву повітря після конденсатора ТН, яке не повинно мати температуру вищу за 60 °С, щоб запобігти виходу з ладу обладнання ТН. Тому

дослідження є вирішальними для ефективного використання рекуператора в подібній системі.

За результатами дослідження визначено енергоефективність та режими роботи теплонасосної установки (ТНУ) в теплу пору року під впливом параметрів зовнішнього повітря, ефективності процесу рекуперації та характеристик вентиляції та кондиціювання повітря. Було розроблено теоретичну модель ТНУ та проведено термодинамічний аналіз для встановлення параметрів повітря в ключових точках системи та умов для задоволення вимог до припливного повітря.

Аналіз даної ТНУ вентиляції та кондиціювання показав переваги рекуперації холоду, у порівнянні з її відсутністю, для забезпечення вищого холодильного коефіцієнта схеми в робочому діапазоні температур навколишнього середовища за розглянутих значень відносної вологості зовнішнього повітря. Теоретично максимальна ефективність схеми становить близько 4 од. (за критичних температур повітря після конденсатора ТН при параметрах зовнішнього повітря  $t_0 = 32-34 \text{ }^\circ\text{C}$  і  $\phi_0 = 40-50 \%$ ).

Розглянута система вентиляції та кондиціювання в приміщеннях, де потребується підтримання технологічного режиму (температури та вологовмісту) в теплий період року, може ефективно працювати до деяких помірних значень параметрів зовнішнього середовища, подальше збільшення яких обмежується максимальною температурою скидного повітря після конденсатора ТН.

Дана ТНУ має найвищу енергоефективність в зоні відносно невисоких температур довкілля  $t_0 = 28 \text{ }^\circ\text{C}$  і відносної вологості  $\phi_0 = 50 \%$ . Це говорить про те, що така схема ТНУ придатна для використання у країнах з помірним континентальним кліматом, якому притаманні низькі відносні вологості повітря. Україна відповідає даним умовам.

**Олег Лусак**, кандидат технічних наук

*Інститут відновлюваної енергетики НАН України, Київ, Україна*

## **АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА ПІДБІР АКУМУЛЯТОРІВ ТЕПЛОТИ ТА ХОЛОДУ**

Зміна клімату вже помітно впливає на тепло- та холодопостачання будівель, оскільки використання застарілих у порівнянні з сучасними реаліями кліматичних даних може призводити до їх невірному визначення і, як наслідок, втрати здатності забезпечувати необхідний температурний режим приміщень. Аналогічним чином, визначення потреби в тепло- та холодопостачанні будівель впливає на підбір акумуляторів теплоти та холоду, зокрема на період часу, протягом якої саме акумулятор має забезпечувати необхідну кількість теплоти чи холоду.

Визначення параметру тривалості забезпечення тепло- та холодопостачання будівель переважно залежить від масштабу системи. Зокрема, для місцевих систем тепло- або холодопостачання або малих за потужністю систем централізованого тепло- або холодопостачання системи акумулювання, як правило, є добовими. Водночас, для великих за потужністю систем



централізованого тепло- або холодопостачання системи акумулювання вже можуть бути й сезонними, тобто, наприклад, накопичувати теплоту в теплий період року, та використовувати її для забезпечення теплопостачання в холодний період року. Також є проміжні варіанти, коли акумулятор теплоти або холоду може забезпечувати, відповідно, тепло- або холодопостачання від декількох діб до декількох тижнів.

Як правило, при порівнянні сезонного та добового акумулювання вважається, що сезонне акумулювання є дешевшим в експлуатації, але дорожчим для встановлення. Проте тут потрібно звернути увагу на те, що з огляду на економічну доцільність є сенс підбирати розглянуті акумулятори на потужність меншу за пікове значення, оскільки компенсація пікового навантаження за рахунок системи прямої дії може виявитись дешевшою, ніж створення акумулятора, здатного накопичувати теплоту чи холод відповідно до встановленого рівня максимального навантаження. Зокрема, при впровадженні сезонного акумулювання теплоти в системах сонячного централізованого теплопостачання забезпечувалось лише 50% від розрахункового споживання системи теплопостачання протягом опалювального періоду.

Потрібно враховувати, що й зі зміною клімату в умовах глобального потепління навантаження на системи теплопостачання будуть знижуватись, а на системи холодопостачання – зростатимуть. І серед систем сезонного акумулювання найбільшу увагу варто приділити сезонному акумулюванню теплоти у водоносному горизонті, які можна використовувати одночасно як для тепло-, так і для холодопостачання.

В якості прикладу розглянемо офісні будівлі в Україні, в яких потреба в теплопостачанні для забезпечення систем опалення перевищує потребу в холодопостачанні систем кондиціонування повітря. Разом з тим, зі зміною клімату за умови глобального потепління потреба в теплопостачанні зменшуватиметься (зменшуватиметься кількість градусо-днів опалювального періоду), а потреба в холодопостачанні збільшуватиметься (збільшуватиметься кількість градусо-днів охолоджувального періоду). Це призведе до більш збалансованого співвідношення потреб в теплопостачанні та холодопостачанні, що є сприятливим для довгострокової сталої роботи систем сезонного акумулювання теплоти у водоносному горизонті, оскільки чим більш збалансованими є ці потреби, тим повільніше відбуватиметься відхилення температури водоносного горизонту від її початкового значення. Це відхилення, зокрема, впливатиме на ефективність розглянутої системи акумулювання, тому сповільнення зростання цього відхилення є важливим фактором.

Проведений аналіз показав, що врахування змін клімату є суттєвим при виборі системи акумулювання, водночас на сьогодні аналіз цього напрямку лише розвивається і тому інформація по даній темі ще не є узагальненою.

**Леонід Косенко**

**Олена Коваль**, кандидат технічних наук

**Євгеній Юрченко**, кандидат технічних наук

**Артем Коваль**

*Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, Дніпро, Україна*

## **АНАЛІЗ НОРМАТИВНИХ ВИМОГ ДО NZEB БУДІВЕЛЬ В КРАЇНАХ ЄВРОПИ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ НОРМ NZEB В УКРАЇНІ**

NZEB будівлі є важливою частиною нашого переходу до майбутнього з меншим вмістом вуглецю. Вони є місцем, де ми живемо, де ми відпочиваємо та де ми працюємо, і вони відповідають за близько 40% світового споживання енергії та приблизно одну третину глобальних викидів парникових газів.

Метою дослідження є аналіз нормативних вимог країн Європи до NZEB будівель та порівняння їх з діючими нормами в Україні. Визначення вартості енергоефективних конструктивних рішень з діючими нормативними значеннями.

Більшість стандартів і норм, що діють в Україні, потребують подальшої розробки та додаткових змін для повної синхронізації з європейськими директивами, стандартами та нормами у цій сфері.

NZEB будівлі повинні бути спроектовані та побудовані з обов'язковим використанням енергії виробленої з відновлювальних джерел енергії, що споживається будівлею для задоволення її власних потреб, має становити не менше 50% від загальних потреб.

Згідно з поставленою метою були сформовані основні задачі дослідження, а саме:

- провести аналіз норм у країнах Європи до NZEB будівель та порівняти їх з діючими нормами в Україні;
- запропонувати розрахункові U-значення Вт/м<sup>2</sup>·К для огороджувальної оболонки до NZEB будівель в Україні;
- розрахувати потреби в утепленні огороджувальних конструкцій стін, даху, перекриття підвалу за діючими нормами в Україні та запропонованими NZEB нормами;
- розрахувати економічну доцільність заходів з утеплення запропонованих нормативних варіантів.

З отриманих результатів розрахунку товщини утеплювача за діючими нормами ДБН та нормами NZEB різниця товщини утеплювача збільшується на 33%, що має великий теплоізоляційний потенціал для збереження тепла при цьому отримані економічні дані порівняння термінів окупності різниця складає приблизно на 1,5 роки більше для побутових споживачів та 0,5 роки для інших споживачів. Отже можна зробити висновки, що збільшення товщини утеплювача є економічно вигідними заходами для досягнення норм NZEB.

На основі аналізу та отриманих даних можна зробити наступні висновки. За показниками огороджувальних конструкцій українські норми не відстають від європейських країн, хоча потребують подальшого удосконалення та додаткових змін. В результаті отримання науково-практичних результатів підвищення енергоефективності огороджувальних конструкцій показує, що норми NZEB мають

більш економічний та теплоізоляційний потенціал у довгостроковій перспективі. Отримані результати досліджень можна використовувати, як приклад при проектуванні або реконструкції будівель для підвищення рівня енергоефективності.

**Борис Басок**, член-кореспондент НАН України

**Оксана Лисенко**, кандидат технічних наук

*Інститут технічної теплофізики НАН України,*

*Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту*

*Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Україна*

**Світлана Гончарук**, кандидат технічних наук

**Ігор Божко**, кандидат технічних наук

**Віталій Опришко**, кандидат технічних наук

**Марина Мороз**, *Інститут технічної теплофізики НАН України*

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПАЛЮВАЛЬНОГО ПРИБАДУ**

В сьогоденні складних умовах воєнного стану виникає необхідність у інтенсивному впровадженні інноваційних рішень для теплозабезпечення споживачів. У деяких місцевостях мешканці не мають необхідного теплозабезпечення. Оскільки ракетні атаки постійно руйнують або пошкоджують підприємства комунального теплопостачання (котельні, теплоелектроцентралі), то виникає у разі надзвичайної ситуації необхідність у використанні сучасних, малогабаритних, переносних електричних опалювальних приладів. Це можуть бути панельні металеві електричні настінні або підлогові обігрівачі з різними робочими тілами (вуглекислий газ, олива), керамічні електричні обігрівачі, твердотільні акумулюючі опалювальні прилади на магнетитній кераміці, а також мобільні теплові насоси малої теплопродуктивності. Отже, проведення робіт по дослідженню теплового режиму приміщення при його опаленні електричними опалювальними приладами різного типу і визначення ефективності їх використання при екстремальних або надзвичайних ситуаціях є актуальною задачею.

Експериментальні дослідження проводились на прикладі панельного металевих електричного настінного обігрівача з робочим тілом – вуглекислий газ. За допомогою ЛАТРа задавалась напруга 221 В, що відповідає потужності 270 Вт самого панельного обігрівача. З використанням термоанемометру, що був розташований безпосередньо над обігрівачем, проводились вимірювання температури та швидкості конвекції повітря по відстані від стіни будівлі. Торець термоанемометра, в якому розташовані чутливі елементи для вимірювання температури та швидкості, встановлено в глибину стіни будівлі. Чутливий елемент для вимірювання температури знаходиться на відстані 11 мм в глибину стіни, а для швидкості – на 45 мм. Поверхня стіни будівлі є нульовою точкою відліку для

даного експерименту. Вимірювання проводились з кроком 5 мм. Було встановлено, що максимальна температура дорівнює 55,0 °С на відстані 60 мм від поверхні стіни будівлі, а максимальна швидкість – 1,5 м/с на відстані 23 мм від стіни будівлі. На відрізьку від 21 мм до 41 мм вимірювання проводились з кроком 1 мм для визначення максимальної швидкості. Також слід зазначити, що конвекція повітря ще фіксувалась на відстані 61 мм від стіни будівлі, далі дорівнювала 0 м/с, але на відстані 101 мм була зафіксована незначна швидкість повітря, що може бути пов'язано з впливом людини під час проведення експерименту.

На основі проведених експериментальних досліджень роботи панельного електричного настінного обігрівача визначено залежності швидкостей конвекції та температури повітря по відстані від стіни будівлі. Встановлено, що при достатньо малій потужності обігрівача він показав ефективну роботу при опаленні приміщення будівлі.

**Кирило Баранчук**

*Danfoss-Україна*

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ТА РОЛЬ КОМБІНОВАНИХ ТЕПЛОВИХ ПУНКТИВ**

*Актуальність проблеми.* Енергетичний перехід поступово руйнує стале уявлення про енергосистему і звичне сприйняття її секторів з лінійним розділенням де вони не пов'язані між собою. В майбутньому, місце відведено низьковуглецевим технологіям, значна частина яких, може використовувати електричну енергію. Це стосується і сектора централізованого тепlopостачання (ЦТ), де широке використання електричної енергії називається процесом електрифікації. Цей процес може торкатись всіх ланок сектора ЦТ – від джерела енергії, до споживача. Стаття допоможе дізнатися про найбільш поширені рішення для електрифікації сектора ЦТ, наявні технології, з особливою увагою до розвитку систем на рівні споживача у вигляді різних схематичних рішень теплових пунктів.

*Ступінь досліджуваної проблеми.* Вирішенню одної з самих актуальних задач в енергетиці, а саме підвищення частки відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) з одного боку та глибокої інтеграції енергетичних секторів з іншого, присвячено багато досліджень. Увага приділяється електрифікації саме систем ЦТ, як одного з найбільш перспективних та ефективних методів перетворення електричної енергії в тепло. Це не тільки дозволяє інтегрувати більше ВДЕ, а й забезпечити гнучкість та сталість під час експлуатації. Саме тому електрифікації присвячена значна кількість досліджень, яка відображена в наукових працях Andreas Bloess, Wolf-Peter Schill, Alexander Zerrahn [1], Monica Arnaudo, Fabio Giunta, Johan Dalgren, Monika Topel, Samer Sawalha, Björn Laumert [2], Diana Böttger, Mario Götz, Nelly Lehr, Hendrik Kondziella, Thomas Bruckner [3]. Втім, досліджень теплових пунктів і можливостей сучасних рішень з комбінації джерел на стороні споживача майже немає, саме тому ця тема є надважливою.

*Мета дослідження.* Метою дослідження є визначення найбільш поширених рішень з електрифікації в системах ЦТ на всіх її рівнях, в тому числі з точки зору використання систем моніторингу та керування, та визначення нових схематичних рішень теплових пунктів для поєднання ЦТ з ВДЕ розташованими локально.

*Методи дослідження.* Вивчення наукових праць, досліджень та методичної, літератури. Аналіз, систематизація та узагальнення отриманої наукової, дослідницької та методичної інформації. Визначення нових елементів та схематичних рішень, які розширюють спроможності сектора ЦТ та його електрифікації.

*Результати досліджень.* Електрифікація ЦТ є одним з елементів трансформації цього сектору. Збільшення частки змінних ВДЕ диктує свої умови експлуатації електроенергетичної системи, а ЦТ може стати необхідним допоміжним елементом, що використовує різні технології перетворення енергії та недорогі способи акумуляції тепла керуючись принципом ЗД (декарбонізація, децентралізація та діджиталізація).

В дослідженні розглянута не тільки ланка генерації, а й різні типи акумуляції, елементи систем транспортування (мережеві насоси, насосні станції, автоматизація, системи оптимізації та моніторингу тощо) та системи на стороні споживача (телові пункти, системи керування та моніторингу тощо).

Як існуючі теплові пункти, так і комбіновані (гібридні), можуть впливати на загальний стан системи. Схемні рішення комбінованих теплових пунктів, що наведені в цьому дослідженні, можуть в різних ступенях впливати на загальний рівень електрифікації системи ЦТ. Таким чином, роль споживача стає ще більш важливою і помітною.

Системи віддаленого керування та моніторингу, сервери яких розміщені в центрах обробки даних, також можуть впливати на загальний рівень електрифікації та повинні мати можливість оцінки викидів в майбутньому.

Комплексний підхід дозволяє побачити, що електрифікація систем ЦТ може виходити за звичні рамки тільки систем генерування тепла. Кожен елемент системи може розглядатись, як в якості окремої ланки так і разом з іншими складовими. В свою чергу, це призведе до більш гнучкого використання електроенергії з ВДЕ, ніж вважалось раніше, особливо в поєднанні з цифровими інструментами планування, оптимізації та моніторингу.

*Висновки.* Найбільший потенціал в декарбонізації сектору опалення мають системи ЦТ. В поєднанні з сучасними рішеннями генерування тепла (телові насоси, високоефективна когенерація тощо), короткостроковим, довгостроковим та сезонним акумулюванням, гідравлічним балансуванням мереж, комбінованими (гібридними) тепловими пунктами та цифровізацією, електрифікація сектору є важливим елементом у переході до більш сталих систем ЦТ та сприянні заміни викопного палива.

Окремі рішення дадуть можливість в майбутньому використовувати тепловий потенціал, який ми втрачаємо в містах – тепло стічних вод, скидне тепло промисловості, тепло від центрів обробки даних та супермаркетів, геотермальне тепло тощо. Такі системи можуть бути значно вигіднішими для кінцевого

споживача, як з точки зору енергетичної безпеки та екологічності, так і через нижчу вартість енергії.

Комбіновані (гібридні) теплові пункти дадуть можливість децентралізувати та диверсифікувати джерела тепла, підвищити надійність та отримувати додаткові вигоди для споживача з точки зору продажу надлишків теплової енергії в мережу за умови відповідного розвитку ринку.

**Любов Макаренко**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ВПЛИВ КРАТНОСТІ ПОВІТРОБМІНУ ТА ВІДНОСНОЇ ВОЛОГОСТІ НА ТРИВАЛІСТЬ ОЧИЩЕННЯ ЧАСТОК PM 2.5 ДО РЕКОМЕНДОВАНИХ ВООЗ РІВНІВ**

Розглядалась можливість впливу певних параметрів зовнішнього повітряного середовища, а саме відносної вологості повітря, та варіювання кратності повітрообміну в приміщенні на тривалість часу очищення повітря від дрібнодисперсних частинок PM<sub>2.5</sub>, що знаходяться в зваженому стані в діапазоні розмірів 0,3...10 мкм в повітряному середовищі, до рекомендованих безпечних рівнів ВООЗ в офісному приміщенні при стандартній температурі, при вимкнених системах вентиляції та опалення. Процес очищення виконувався за допомогою механічної фільтрації в рециркуляційній установці з комбінованими фільтрувальними вставками (в складі вискоефективний фільтр HEPA типу H11). Для проведення експерименту дані по тривалості очищення фіксувалися при двох варіантах кількостях оброблюваного повітря: при 100 м<sup>3</sup>/год та при 310 м<sup>3</sup>/год. При кожному з обраних варіантів роботи рециркуляційної установки повітря очищувалося від двох рівнів забруднень: від невисокого до небезпечного рівня забруднення частками PM<sub>2.5</sub>. Вимірювання проводилися з 20 липня по 15 серпня 2023 року при внутрішній температурі +24,5 °С.

В результаті проведеної роботи можна зробити наступні висновки:

1. При відносній вологості повітря 35 %, кількості повітря 100м<sup>3</sup>/годину тривалість терміну очищення зменшується на 10 % (8 хв.) при невисокому рівні забруднення PM<sub>2.5</sub> та на 25 % (60хвилин) при небезпечному рівні забруднення PM<sub>2.5</sub> в порівнянні з таким же процесом очищення при відносній вологості 55 % в приміщенні ,розрахунковий об'єм якого складав 54,9 м<sup>3</sup>. При відносній вологості повітря 35 %, кількості повітря 310 м<sup>3</sup>/год тривалість терміну очищення зменшується на 5 % (30 секунд) при невисокому рівні забруднення PM<sub>2.5</sub> та на 10 % (1 хв. 30 с) при небезпечному рівні забруднення PM<sub>2.5</sub> в порівнянні з таким же процесом очищення при відносній вологості 55 % в приміщенні ,розрахунковий об'єм якого складав 54,9 м<sup>3</sup>.

2. При повітрообміні в 2 крати зміна відносної вологості вплинула на тривалість очищення – на 1 годину, що вагомо відобразиться на подальшому забрудненні приміщення – при надходженні в наступну годину додаткових рівнів забрудненні система очищення повітря просто не зможе підтримувати рекомендовані ВООЗ безпечні рівні P.M<sub>2.5</sub>

3. При значній інтенсивності повітрообміну в 6 крат відносна вологість незначно впливає на процес очищення в рециркуляційному агрегаті з комбінованими фільтрами, але дозволяє найбільше ніж за 1 год забезпечити необхідний рівень якості повітря

4. При збільшенні кратності повітря з 2 до 6 крат в офісному приміщенні при незначному забрудненні дрібнодисперсними частками PM<sub>2,5</sub> (рівень забруднення від 12,1 до 35,4 мкг/м<sup>3</sup>) швидкість очищення повітря до встановлених рекомендацій ВООЗ в 5 мкг/м<sup>3</sup> збільшується в 8 разів, а термін очищення скорочується до 10 хв. при незначному збільшенні електроспоживання рециркуляційного агрегату з 0,046 Вт до 0,113 Вт.

5. При збільшенні повітрообміну з 2 до 6 крат в офісному приміщенні при значному забрудненні дрібнодисперсними частками PM<sub>2,5</sub> (рівень забруднення від 55,5 до 260,4 мкг/м<sup>3</sup>) швидкість очищення повітря до встановлених рекомендацій ВООЗ в 5 мкг/м<sup>3</sup> збільшується в 4 рази, а термін очищення скорочується до 1 год 30 хв. при цьому ефективність очищення повітря до 97 %.

При збільшенні кількості повітря, що обробляється рециркуляційним агрегатом та незначному збільшенні електроспоживання цього агрегату можна досягти значного підвищення швидкості очищення повітря, що дозволить контролювати та якісно реагувати на зміну якості повітря в середовищі перебування людей та підтримувати необхідну якість повітряного середовища.

**Микола Кізєєв**, кандидат технічних наук

**Ольга Новицька**, кандидат технічних наук

**Наталія Кравченко**, кандидат технічних наук

**Сергій Проценко**, кандидат технічних наук

*Національний університет водного господарства та природокористування,  
Рівне, Україна*

## **АНАЛІЗ ЗАХОДІВ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НАВЧАЛЬНИХ КОРПУСІВ НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**

У рамках проекту «Вища освіта України» навчальні заклади нашої країни отримують спільну фінансову підтримку від Європейського інвестиційного банку (ЄІБ) та Європейського Союзу (ЄС) для підвищення енергоефективності будівель університетів, економії енергоресурсів зі зниженням викидів парникових газів та з одночасним покращенням якості навчання, соціальної і науково-дослідної бази, а також зі зниженням видатків на їхнє утримання.

Впровадження енергоефективних заходів у Національному університеті водного господарства та природокористування (НУВГП) було розпочате ще з 2000 року. Будівлі НУВГП розташовані в різних частинах м. Рівне та Рівненського району. Будівлі корпусів №№ 1-7 були відібрані МОН для фінансування їхньої термомодернізації в рамках кредитного Проєкту з метою покращення їх енергоефективності.

Авторами проаналізовані заходи з підвищення енергоефективності навчальних корпусів НУВГП, а саме влаштування теплової ізоляції фасадів, покриття, підлоги по ґрунту та перших поверхів, заміна вікон і дверей на сучасні герметичні конструкції, влаштування теплової ізоляції трубопроводів, модернізація автоматизованих вузлів регулювання теплової енергії (АВРТЕ), систем опалення та освітлення, впровадження систем енергетичного моніторингу та диспетчеризації, влаштування системи вентиляції з рекуперацією тепла витяжного повітря.

Була виконана оцінка енергоспоживання до та після впровадження заходів з енергоефективності навчальних корпусів та визначена прогнозована економія енергетичних ресурсів після впровадження цих заходів. Впровадження запропонованих заходів дозволить знизити споживання енергії та відповідних витрат на 60%, а саме – на 6 232 тис. кВт·год/рік (порівняно з базовим рівнем енергоспоживання 10 286 тис. кВт·год/рік), при одночасному підвищенні функціональності та комфортності будівель (з приведенням умов мікроклімату у приміщеннях до нормативних вимог). Після впровадження описаних заходів прогнозується підвищення класу енергетичної ефективності навчальних корпусів. Впровадження енергоефективних заходів також призведе до зменшення викиду парникових газів на 50%, а саме – на 1648 т/рік.

Заходами, що здатні окупитися якнайшвидше, є здійснення теплової ізоляції трубопроводів, модернізації АВРТЕ й освітлення, впровадження систем енергомоніторингу та диспетчеризації. Найбільш тривалого терміну окупності потребуватиме запровадження рекуперації теплоти вентиляційного повітря, проте цей захід є необхідним з огляду на суттєве зменшення витрат теплової енергії на підігрівання зовнішнього припливного повітря в холодний період року.

**Павло Гламаздін**

*Крістіна Габа, кандидат технічних наук*

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ВПЛИВ МОДИФІКАЦІЇ ВОДИ НА ТЕПЛОБМІН У СИСТЕМАХ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ**

У всіх системах теплопостачання (СТ) у якості теплоносія використовується вода. Вона є хорошим розчинником. У воді завжди розчинені різні домішки, в тому числі солі жорсткості, зокрема кальцію  $\text{Ca}^{2+}$  та магнію  $\text{Mg}^{2+}$ , які відкладаються на теплообмінних поверхнях складових елементів систем теплопостачання. Відкладення цих солей призводить до двох негативних явищ: збільшення гідравлічного опору теплообмінних складових систем та збільшення термічного опору теплообмінних поверхонь котлів та теплообмінників. Крім того, у воді завжди присутні розчинені гази, серед яких кисень та двоокис вуглецю є корозійно активними. Ці особливості води як теплоносія змушують обробляти воду для СТ за спеціальними технологіями. Видалення з води розчинених карбонатів кальцію та магнію традиційно здійснюється методом іонного обміну. Видалення розчинених агресивних газів традиційно виконується термічним методом, який



передбачає нагрівання води до температури насичення, при якій розчинність газів у рідинах, у тому числі у воді, стає нульовою.

Однак обидві ці технології, особливо деаерація, енерговитратні. Технологія іонного обміну не тільки енерговитратна, але ще потребує витрати матеріальних ресурсів, зокрема повареної солі. Ці обставини обумовили необхідність пошуку інших технологій, менш енерго та ресурсовитратних. У дійсний час відомо багато технологій оброблення води для СТ, які можна поділити на хімічні та фізичні. Якщо вибирати між хімічними та фізичними методами оброблення води, то більш прийнятними для подальшого розвитку слід признати фізичні через те, що всі відомі хімічні методи змінюють склад води, погіршуючи її екологічні характеристики. З іншого боку фізичні методи майже всі не мають чіткого теоретичного обґрунтування, що не дає можливості прогнозувати їх ефективність для різного складу води, який може сильно відрізнятись навіть для сусідніх регіонів. Однак серед них є метод, який має достатнє теоретичне обґрунтування - модифікація вихідної води шляхом додавання в неї поверхнево-активних речовин (ПАР). Молекули ПАР утворюють на поверхні металевих стінок елементів СТ дуже тонку, але непроникну для газів та молекул карбонатів плівку, так званий «частокол Ленгмюра». Більше того, наявність у воді молекул ПАР знижує ступінь турбулентності потоку води. Однак останній ефект наявності ПАР у воді збільшує ймовірність впливу ПАР на теплообмінні процеси у теплообмінниках і котлоагрегатах. У водогрійних котлах та теплообмінниках СТ при умові турбулентної течії води в трубах і каналах теплообмін здійснюється за механізмом вимушеної конвекції. Це обумовлює залежність інтенсивності теплообміну від теплофізичних властивостей модифікованої води.

Автори провели параметричний аналіз впливу модифікації води на теплообмін, результати якого дозволяють стверджувати, що такий вплив має місце, але зниження інтенсивності теплообміну не впливає на ефективність роботи теплообмінників та котлоагрегатів.

*Ілля Девтеров, доктор філософських наук*

*Петро Зінич, кандидат технічних наук*

*ВСП «ІІНО КНУБА»*

## **КОРОТКО ПРО ІСТОРІЮ ВИРОБНИЦТВА ТА ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ І ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ У ПРОВІДНИХ КРАЇНАХ СВІТУ**

У 20-21 століттях виробництво теплової енергії пройшло значні зміни і еволюцію, впливаючи на способи виробництва, технології та регулювання. Далі наведені деякі ключові моменти і тренди в історії виробництва теплової енергії протягом цього періоду.

### **20 століття**

Розвиток котельних та парових турбін. У початкових десятиліттях 20 століття котельні та парові турбіни стали ключовими технологіями для виробництва теплової енергії. Вони використовувалися у великих промислових об'єктах та електростанціях.

Поширення використання вугілля. Вугілля стало основним джерелом палива для теплових електростанцій. Багато країн вели індустріалізацію, використовуючи вугілля як основне паливо.

Збільшення використання нафти та газу. З кінця 20 століття важливою стала експлуатація нафтових і газових ресурсів для виробництва теплової енергії. Це призвело до розвитку нових технологій та енергетичних систем.

#### 21 століття

Зростання обсягів виробництва електроенергії. З початку 21 століття спостерігається значний ріст світового виробництва електроенергії, де тепла енергія відіграє важливу роль, особливо в країнах з великими енергетичними потребами.

Перехід до газового палива та об'єктивів зменшення викидів. Багато країн почали переходити до використання газу замість вугілля для зменшення викидів парникових газів. Це пов'язано із зростанням усвідомленості екологічних проблем та спрямуванням на більш сталий розвиток.

Зростання використання відновлюваних джерел енергії. В останні десятиліття спостерігається зростання використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова енергія. Це впливає на підходи до виробництва теплової енергії та стимулює розвиток нових технологій.

Розвиток технологій геотермальної та біомасової енергії. Геотермальна та біомасова енергія стали об'єктом зростаючого інтересу та розвитку, особливо у країнах, де ці джерела енергії мають великий потенціал.

Ефективніші технології теплових насосів. Розвиток технологій теплових насосів, які використовують тепло з навколишнього середовища (повітря, ґрунт, вода), сприяє зменшенню енергоспоживання для опалення та гарячого водопостачання.

Загалом, історія виробництва теплової енергії у 20-21 століттях свідчить про широкий спектр змін і технологічних інновацій, спрямованих на забезпечення сталого та ефективного використання енергії.

Теплова енергія є важливим джерелом енергії у багатьох країнах світу. Основні види виробництва теплової енергії та її використання включають:

Теплові електростанції. Котельні: Багато країн використовують котельні для виробництва теплової енергії, особливо для опалення великих приміщень, таких як школи, лікарні та офісні будівлі. Котельні можуть працювати на різних видів палива, включаючи природний газ, вугілля, нафту та дерево. Теплові електростанції на вугіллі: В деяких країнах теплові електростанції, які використовують вугілля, є значущим джерелом електроенергії. Проте через побічні ефекти, такі як викиди парникових газів, цей вид енергії стає об'єктом критики через його вплив на зміну клімату. Теплові електростанції на природному газі: Електростанції, які працюють на природному газі, є більш екологічно чистими порівняно з тими, що використовують вугілля. Багато країн стимулюють розвиток цього виду енергетики для зменшення залежності від вугілля.

Системи централізованого опалення. Гаряче водопостачання та опалення: У багатьох містах із холодним кліматом існують централізовані системи опалення,

які надають гарячу воду для опалення будівель. Це може базуватися на газі, вугіллі, теплових насосах чи інших джерелах.

Теплові насоси. Геотермальні теплові насоси. Деякі країни використовують теплові насоси, які використовують тепло землі (геотермальну енергію) для опалення та гарячого водопостачання. Аеротермальні теплові насоси. Вони використовують енергію повітря для виробництва тепла. Це може бути ефективним методом опалення в помірному кліматі.

Сонячні колектори. Сонячні теплові колектори. Використовуються для збору сонячної енергії для нагріву води для опалення та гарячого водопостачання.

Загалом, сучасне використання теплової енергії включає різні технології та джерела, і тенденції розвитку можуть варіюватися в залежності від конкретних умов кожної країни. Ефективне використання теплової енергії стає все важливішим у контексті боротьби зі змінами клімату та покращення енергоефективності.

Важливим аспектом у процесі виробництва теплової енергії теплогазопостачання, як зв'язок з громадським, цивільним життям.

Коротко розглянемо історію розвитку теплогазопостачання в провідних країнах світу.

### **Початок 20 століття**

Вперше системи теплогазопостачання з'явилися в кінці 19 століття та на початку 20 століття в містах Європи та Північної Америки. Перші системи використовували природний газ для опалення будівель та гарячого водопостачання.

### **Міжвоєнний період**

Після Першої світової війни велике розширення систем теплогазопостачання відбулося у зв'язку зі зростанням міського населення та підвищенням вимог до комфортних умов життя.

### **Після Другої світової війни**

Після Другої світової війни системи теплогазопостачання стали більш масовими, і технології були вдосконалені. Великі міські об'єкти та житлові райони були підключені до централізованих систем опалення.

### **1970-1980-ті роки**

У цей період багато країн впроваджували нові енергоефективні технології та почали використовувати автоматизовані системи управління теплогазопостачанням.

### **1980-1990-ті роки**

Збільшення уваги до екологічних аспектів призвело до розвитку технологій зменшення викидів шкідливих речовин. Введення енергоефективних систем, використання когенерації та відновлюваних джерел енергії.

### **21 століття**

Сучасні технології теплогазопостачання включають в себе використання вискоєфективних теплових насосів, газових турбін, сонячних колекторів та інших інноваційних рішень.

Західні країни та Азія

Західні країни, такі як Німеччина, Швеція та Канада, активно розвивають теплогазопостачання, використовуючи передові технології для покращення енергоефективності та відновлювальних джерел енергії. Розвиток теплогазопостачання в провідних країнах світу відзначається постійним вдосконаленням технологій та підвищенням уваги до сталого розвитку та зменшення впливу на навколишнє середовище. Збереження навколишнього середовища у виробництві теплової енергії та процесах теплогазопостачання є критично важливим завданням для забезпечення сталого та **екологічно чистого розвитку**. Декілька ключових підходів та технологій, спрямованих на збереження навколишнього середовища в цих галузях включають.

**Виробництво теплової енергії.** Використання відновлюваних джерел енергії. Перехід до відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна, вітрова, гідро- та геотермальна енергія, дозволяє зменшити залежність від палив, що сприяє зниженню викидів парникових газів та інших забруднюючих речовин.

Енергоефективні технології. Використання енергоефективних технологій у виробництві, таких як високоефективні котли, теплові насоси та когенераційні системи, допомагає зменшити витрати палива та викиди CO<sub>2</sub>.

Контроль викидів та очистка димових газів. Використання сучасних систем контролю викидів та очищення димових газів зменшує вплив на повітря та забезпечує дотримання вимог екологічних стандартів.

#### **Теплогазопостачання**

Поширення використання природного газу. Природний газ вважається більш екологічно чистим паливом порівняно з вугіллям або нафтою. Збільшення частки використання природного газу допомагає зменшити викиди парникових газів та інших забруднюючих речовин.

Зростання ефективності систем теплогазопостачання. Впровадження новітніх технологій в управлінні теплогазопостачанням, таких як системи автоматизації та моніторингу, спрямовані на оптимізацію роботи систем та зменшення енерговитрат.

Використання когенерації. Встановлення систем когенерації, які одночасно виробляють тепло та електроенергію, дозволяє ефективніше використовувати паливо та зменшує загальні викиди.

Запровадження енергозберігаючих технологій. Використання ізольованих трубопроводів, теплоізоляції та інших енергозберігаючих технологій допомагає знизити втрати тепла під час транспортування та розподілу тепла.

Зелені ініціативи та сертифікації. Запровадження зелених стандартів, сертифікацій та участь у програмах з енергоефективності може стимулювати підприємства до впровадження екологічно чистих рішень.

Загальний підхід до збереження навколишнього середовища у виробництві теплової енергії та теплогазопостачанні включає в себе використання чистих технологій, відновлюваних джерел енергії та ефективний контроль викидів, спрямований на зменшення впливу на довкілля.

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

**Vasyl Klapchenko**, *Doctor of Philosophy*

**Valentyn Glyva**, *Doctor of Science*

**Irina Kuznetsova**

*Kyiv National University of Construction and Architecture, Ukraine*

**FRAGMENTED PHYSICAL STATISTICS AS THE BASIS OF ALTERNATIVE ENERGY**

A part of the research team from the Department of Physics of KNUCA has been engaged in methodological problems of theoretical physics for over 10 years. In particular, we are talking about statistical physics, which is considered today to be a largely completed section of theoretical physics. However, several practical problems and unresolved theoretical issues indicate the incompleteness of statistical physics, and its inability to explain and quantitatively solve many practical problems.

First of all, this manifested itself in the problem of energy, in particular, in matters of the functioning of supra-unit (efficiency  $> 1$ ) devices. Secondly, this is indicated by an array of unresolved theoretical issues, ranging from second-order phase transitions, critical phenomena, open systems, and the inability to theoretically obtain the Bernoulli equation. The emergence of synergetics as a general mathematical model of critical phenomena only alleviated the severity of the problem but was not its solution.

Methodological analysis showed that the incompleteness of statistical physics is due to the lack of consideration of the *wave interaction of particles* in molecular systems. Bohr's theory turned out to be a direct clue. After considering Bohr's problem of the hydrogen atom and taking into account current ideas about the world, an unexpected result was obtained: the de Broglie wavelengths of interacting particles should be calculated through the momentum  $\mathbf{p}$ , determined by the relative velocity of these particles (and not the absolute velocity, which depends on the choice of the reference frame!). This means that the wave spectrum of a system of many particles will always be enriched with long-wavelength representations.

Then, along with two known types of interactions that statistical physics has traditionally taken into account, namely: type *A* - *two-part local intermolecular interaction* of various natures, described by the Lennard-Jones potential, and type *B* - *single-particle quantum mechanical interaction* (one particle with the system as a whole), there was a need to take into account the third type *C* - *two-part long-range wave interaction*. Hypothetically, one more type *D* can be envisaged - *group long-range wave interaction*.

Subsequent publications by the authors showed that taking into account new types of interactions leads to the appearance in statistical physics of a new additional term - the *orientation component of entropy* - the growth of which does not lead to an increase in chaos (or approaching equilibrium), but, on the contrary, to an increase in the system of ordered macroscopic movements. This version of statistical physics was called *fragmented physical statistics* by the authors.

Fragmented physical statistics have been applied to the consideration of specific systems. First, to conditionally unlimited systems, such as the flow of gases through pipes and the flow of gases in a vortex tube (the Rank-Hilsch effect). In the first case, the final consequence was the theoretical derivation of the Bernoulli equation, and for the case of a vortex tube, a physical picture of the phenomenon was formed, and the thermal conversion coefficient was theoretically derived. Subsequently, unlimited systems (phenomena in the atmosphere) were analyzed, and a qualitative explanation of all phenomena was obtained. In particular, this includes the formation of tornadoes, the genesis of cyclones, and the description of pre-storm predecessors.

When summarizing the work done on the application of fragmented physical statistics to specific systems, our attention was drawn to the fact that in the description of critical phenomena (or specific devices) there are always *self-ordering* processes that are described only by the approximate component of entropy. Therefore, it was concluded that fragmented physical statistics can be a reliable theoretical basis for the development and analysis of alternative energy devices. As the famous saying goes: there is nothing more practical than a good theory.

**Валентин Глива**, доктор технічних наук

**Григорій Краснянський**, кандидат фізико-математичних наук

**Ірина Азнаурян**

**Олег Бесараб**

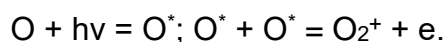
**Олеся Зарембовська**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **МЕХАНІЗМ ІОНІЗАЦІЇ ПОВІТРЯ ПРИМІЩЕНЬ СВІТЛОДІОДНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ УФ-С ДІАПАЗОНУ**

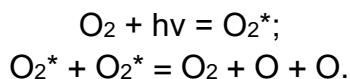
В теперішній час активно реалізуються новітні технології знезараження повітря та поверхонь у приміщеннях із застосуванням ультрафіолетового випромінювання відносно низької інтенсивності від світлодіодних джерел УФ-С діапазону. Такі джерела, в порівнянні з традиційними, що використовують високовольтні розряди та ультразвук, безпечні для людей, які знаходяться в зоні знезараження, і водночас показують високу ефективність у боротьбі з вірусними та інфекційними захворюваннями, що поширюються у вигляді вірусних аерозолів.

У роботі запропоновано механізм іонізації повітря приміщень поширеними світлодіодними системами ультрафіолетового випромінювання з максимумом інтенсивності при довжині хвилі 280 нм. Показано, що для таких джерел виникнення іонів у повітрі не може бути пов'язане із прямою або ступінчастою фотоіонізацією молекул. Енергетично можливою і такою, що відіграє основну роль, є, мабуть, асоціативна іонізація – утворення молекулярного іону  $O_2^+$  та електрону з атомів кисню, що стикаються, збуджених у результаті поглинання фотону:



Дійсно, сумарна енергія збудження атомів кисню і утворення молекулярного іону перевищує енергію іонізації молекули O<sub>2</sub>. Крім того, оскільки збуджений електронний стан атому кисню 2<sup>1</sup>S<sub>0</sub> з енергією, що відповідає енергії фотона, є метастабільним, його радіаційний час життя є достатньо великим у порівнянні з інтервалом між зіткненнями, що прямо впливає на імовірність даного процесу.

Показано, що поява атомарного кисню у повітрі може бути обумовлена дисоціацією при зіткненні збуджених фотонами молекул O<sub>2</sub><sup>\*</sup>:



Це підтверджується тим, що енергія збудження молекул O<sub>2</sub> за рахунок поглинання ультрафіолетового випромінювання з довжиною хвилі 270 нм при електронному переході 3Σ<sub>g</sub><sup>-</sup> → 3Σ<sub>u</sub><sup>+</sup> більша за енергію дисоціації. Обидві описані реакції можуть протікати у безпосередній близькості від світильника, де інтенсивність ультрафіолетового випромінювання максимальна і, відповідно, густина фотонів достатньо велика. Це зумовлено, з одного боку, слабким поглинанням при зазначеному електронному переході і, з іншого боку, необхідністю запобігти втраті збудження молекул за рахунок випромінювання у проміжках між зіткненнями.

**Віталій Тарасевич**, кандидат технічних наук

**Юрій Гасан**, кандидат технічних наук

**Олександр Григорчук**, кандидат педагогічних наук

**Дар'я Танасієнко**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТОКСИКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВИРОБНИЦТВА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИРОБІВ ІЗ СІРКОГІПСОВОГО КОМПОЗИТУ**

Останнім часом у практиці будівництва в якості просочувальної композиції для модифікації капілярно-пористих матеріалів, в тому числі й на основі гіпсу, знаходить застосування технічна сірка.

Дослідження, що вони проведені у цьому напрямку, показують, що вироби з бетонів, просочених сіркою різних модифікацій, можуть знайти широке застосування насамперед у конструкціях і виробках, що піддаються у процесі експлуатації впливу агресивних середовищ, а також у конструкціях, до фізико-механічних властивостей яких висувають підвищені вимоги.

Для вивчення питань, пов'язаних із токсикологічною безпекою виробництва та експлуатації сіркогіпсових виробів, було проведено дослідження спільно з Інститутом громадського здоров'я ім. О. М. Марзєєва НАМН України.

Проведені експериментальні дослідження просочених розплавом сірки гіпсозольних зразків дозволили встановити, що вироби на основі технічної сірки Ново-Роздольського родовища, золи - винесення Ладиженської ТЕС та гіпсу не включають до свого складу шкідливих для організму й навколишнього середовища сполук ртуті, талію, селену, свинцю, вісмуту та хрому. У переважному і кількісному

відношенні матеріал представлений сіркою, а також сполуками лужних та лужноземельних матеріалів.

Встановлено, що при температурі 40°C сіркогіпсові матеріали не виділяють у спонукаюче повітряне середовище діоксиду сірки та сірководню, що дозволяє віднести їх до хімічно стабільних матеріалів. Експерименти показали, що у водному середовищі, а також у середовищі, що імітує кислотні дощі, не встановлені міграції неорганічних з'єднань із досліджуваних матеріалів.

Під час просочення гіпсозольних зразків у просочувальній камері при температурі 140...150 °C у повітрі робочої зони виявляється сірчаний ангідрид (6,12 мг/м<sup>3</sup>) та слідові кількості сірководню (0,008 мг/м<sup>3</sup>) проти їх гранично допустимих концентрацій у повітрі робочої зони рівних по 10 мг/м<sup>3</sup>. За кількісним рівнем забруднення та якісного складу забруднення компонентів повітряне середовище виробництва сіркогіпсових виробів відноситься до категорії «помірно забруднених» (III клас).

Токсикологієнічні дослідження порошкоподібного сіркогіпсового матеріалу при шкірному шляху надходження в організм (50% вазелінова емульсія) дозволили встановити таке: після перших аплікацій пасту видимих змін на шкірі тварин не було. Після десяти аплікацій у 2/3 експериментальних тварин спостерігалася блідо-рожева еритема по всій ділянці нанесення пасту. При подальших аплікаціях інтенсивність гіперемії шкіри не наростала. Отримані зміни можна класифікувати як помірно виражену шкірноподразнювальну дію порошкоподібного сіркогіпсового матеріалу.

Аналіз інформації, отриманої при постановці реакцій дегрануляції базофілів та специфічної агломерації лейкоцитів крові морських свинок, сенсibilізованих порошкоподібним сіркогіпсовим матеріалом, вказує на відсутність статистично достовірних змін показників досліджуваних реакцій у тварин дослідної та контрольної груп. Це дає підстави для висновку про те, що сіркогіпсові матеріали не мають алергенної активності.

На підставі висновку Головного санітарного лікаря України композиційний матеріал на основі гіпсу та сірки рекомендується для виготовлення плиток, які можна використовувати при будівництві будівель груп «Б» та «В» (промислові та громадські будівлі).

*Лариса Левченко, доктор технічних наук*

*Лука Переверзєв, магістр*

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

## **ЗАСАДИ МОДЕЛЮВАННЯ ПОШИРЕННЯ МАГНІТНИХ ПОЛІВ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ**

Найбільш поширеними електричними машинами великої потужності є чотириполюсні електричні машини, якими є турбогенератори, також чотириполюсними машинами є потужні електродвигуни циркуляційних насосів. На



сьогоднішній день з огляду на необхідність відбудови та модернізації енергетичної інфраструктури актуальним є розроблення засад безпечного та раціонального розміщення джерел магнітних полів високої напруженості на виробничих площах. Це доцільно робити за рахунок моделювання просторових поширень магнітних полів навколо чотириполюсних машин. Моделювання здійснювалось з використанням рівняння Гаусса для скалярного потенціалу. У полярних координатах визначаються радіальні і кутові складові магнітного поля, при цьому враховувалось значення просторових гармонік (першої і другої) магнітного поля. Встановлено, що магнітне поле чотириполюсних машин є дипольно-квадрупольне. Виходячи з цього й визначалися основні співвідношення, покладені в основу моделювання. Програмне забезпечення дозволяло отримати значення магнітного поля навколо електричної машини з будь-якою похибкою у залежності від задач моделювання. Результати моделювання візуалізовано як дво- і тривимірні моделі. Перевагою запропонованого підходу є те, що модель не прив'язується до конкретних розмірів електричної машини. Напруженості магнітного поля визначаються на відстанях, кратних радіусу машини, тобто враховуються відносні розміри електричної машини. Для отримання кількісних даних необхідно тільки експериментально визначені напруженості магнітного поля на базовій сфері (біля корпусу електричної машини). Відомо з довідкових джерел, що друга гармоніка біля машини складає приблизно 20% першої гармоніки, але вона знижується повільніше за першу. Це обумовлює результат, отриманий при моделюванні. На деякі відстані від електричної машини напруженість магнітного поля стає нульовою, що й довело моделювання. Цей факт може бути використаний для визначення зон безпечного перебування й пересування персоналу. Встановлено, що магнітні поля чотириполюсних машин є несиметричними. Цей факт можна використовувати для проєктування розміщення потужностей на виробничих площах таким чином, щоб була забезпечена електромагнітна сумісність технічних засобів (відсутність впливу магнітних полів на електронну апаратуру, зокрема на систему управління електроприводом). Встановлено, що для отримання даних щодо напруженостей полів, принаймні, до відстані, яка дорівнює п'ятьом радіусам електричної машини, достатньо враховувати дві просторові гармоніки магнітного поля. Отримані моделі можливо використовувати для діагностики технічного стану електричних машин. Будь-які відхилення структури поля, зокрема відсутності або зміни положення точки нульового поля свідчать про появу нештатних явищ у середині електричної машини.

**Валентин Глива**, доктор технічних наук

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

**Борис Болібрух**, доктор технічних наук

*Національний університет «Львівська політехніка», Україна*

**Максим Довгановський**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **ЗАСАДИ ПРОЄКТУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ БЛОКУВАННЯ ІНФРАЧЕРВОНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ**

Матеріали для блокування і поглинання інфрачервоного випромінювання розробляються і досліджуються у двох напрямках: для цивільного та військового призначення. У сучасних умовах для України обидва цих напрями вкрай актуальні. Існує потреба у створенні матеріалів, які зменшують теплову сигнатуру об'єктів. Також значна кількість житлових та промислових об'єктів мають ушкодження, які сприяють витоку тепла, що є дуже несприятливим в умовах обмежених енергетичних ресурсів. Для діючих споруд це незначні тріщини і щілини у стиках будівельних конструкцій тощо. Їх ліквідація за рахунок стандартних листових матеріалів або недоцільна, або взагалі неможлива. Тому є потреба у розробленні сумішей, які мають прийнятні захисні властивості і достатню пластичність та адгезію для ліквідації витоку теплової енергії. Для блокування інфрачервоного випромінювання головною умовою є поглинання випромінювання необхідної частоти або смуги частот. Виходячи з аналізу спектрів випромінювання та поглинання хімічних сполук, для таких цілей придатні окис хрому (тривалентного) та нітрид бору. Ці сполуки для масового застосування мають дещо завищену вартість. Найбільш дешевим є пігмент на основі окису хрому, але він виробляється у обмежених кількостях, а металургійний окис хрому ще дорожчий. Для зниження вартості захисної суміші у якості наповнювача використовувався залізородний концентрат з переважним вмістом магнетиту. У якості носія (матриці) застосовувався лак ХС. Обирання магнетиту як складової суміші обумовлене його високою теплоємністю (230 Дж/моль·К). Відповідно для нітриду бору цей показник складає 298 Дж/моль·К, а окису хрому – 119 Дж/моль·К. Було виготовлено рідкі суміші з вмістом магнетиту 30–45 % (за масою), нітриду бору – 10...15 %, окису хрому – 2...5 %. Дослідження показали, що для одношарового покриття, нанесеного на стандартну склотканину, можна досягти зниження проникності інфрачервоного випромінювання на 20...25 %. Дослідження здійснювалися з використанням стандартного тепловізора з функціями запису отриманого зображення теплової сигнатури об'єкту. Встановлено, що потрібний ефект досягається не тільки за рахунок складу суміші з різних наповнювачів. Результат покращується, якщо на поверхню наносити послідовно декілька шарів з різними наповнювачами. Усі шари мали основу лак ХС. У послідовності – нітрид бору, магнетит, окис хрому результат найкращий. Вочевидь, це пов'язане з тим, що нітрид бору має високу теплоємність, а окис хрому – поглинання інфрачервоного випромінювання. В цілому, можна дійти висновку, що запропонований підхід до блокування інфрачервоного випромінювання та зниження теплових втрат є перспективним напрямом досліджень щодо отримання матеріалів прийнятних ефективностей та вартостей.

**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*

**Михайло Кашлев**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **МОНІТОРИНГ ІНФРАЗВУКОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ТЕРИТОРІЇ, ПРИЛЕГЛІ ДО ОБ'ЄКТІВ ЕНЕРГЕТИКИ**

В останні роки значна увага приділяється дослідженню рівнів інфразвуку техногенного походження. Це пояснюється тим, що інфразвук значних амплітуд несприятливо впливає на людей. При цьому він не сприймається органами слуху.

Особливістю інфразвукових хвиль є низьке згасання з відстанню ( $8 \cdot 10^{-5}$  дБ на 100 м у повітрі). Для низькочастотного звуку цей показник складає 0,15 дБ. Було здійснено вимірювання інфразвуку, генерованого об'єктами енергетики поблизу житлової забудови за відсутності суттєвих перешкод поширенню інфразвукових хвиль. Вимірювання здійснювалися каліброваним шумоміром Октава–110А з функцією вимірювання інфразвуку. Вимірювання здійснювалися згідно вимог ISO 7196. Вимірювання виконувалися поблизу вітрової електростанції (11 вітряків) у теплу пору року. Отримано наступні дані. Еквівалентні рівні інфразвуку за швидкістю вітру 5...6 м/с на відстані 500 м від межі поля вітрогенераторів складали 95...100 дБ (за лінійною шкалою), а на відстані 1000 м – 90...97 дБ. При цьому, останні вимірювання здійснювалися на території житлової забудови. За швидкостей вітру 8...10 м/с на відстані 500 м рівні інфразвуку складали 110...115 дБ, а на відстані 1000 м – 105...110 дБ. Співставити ці дані з погонним згасанням складно через неоднозначний вплив підстилаючої поверхні. Як в Україні, так і у більшості країн Європи гранично допустимим рівнем інфразвуку вважається 90 дБ, тому отримані результати свідчать про перевищення допустимої межі за межами санітарної зони (700 м). Було виміряно значення інфразвуку поблизу трансформаторних підстанцій напругами 220 та 330 кВ. Встановлено, що на відстанях 100...150 м від трансформаторів еквівалентні рівні інфразвуку складають 75...85 дБ. Для отримання надійних закономірностей щодо генерації інфразвуку трансформаторами необхідно провести системні дослідження з урахуванням миттєвих електричних навантажень на обладнання на момент проведення вимірювань. У загальному випадку, для вимірювань рівнів інфразвуку умови вимірювання є критичними. У залежності від напрямку вітру покази приладу різняться на 8...10 дБ. При цьому неможливо з'ясувати внесок природного фактору у загальний показник. Значне поширення інфразвуку і незначне його екранування перешкодами ускладнює визначення внеску сторонніх джерел у отримані дані. Тому такі дослідження на одному об'єкті необхідно виконувати у декілька етапів за різних умов (кліматичних, метеорологічних, різних днів тижня тощо). Обов'язковим є визначення рівнів інфразвуку у октавних (третиннооктавних) смугах частот. Це спростить ідентифікацію сторонніх джерел інфразвуку. Такий підхід є обов'язковим у випадках, коли отримані дані перебувають на межі, або не набагато перевищують гранично допустимі значення.

**Наталія Бурдейна, кандидат педагогічних наук**

**Яна Бірук**

*Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна*

## **СПОСОБИ РАЦІОНАЛІЗАЦІЇ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЕКРАНУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ**

На сьогодні розроблено багато матеріалів з високими коефіцієнтами екранування. Загальні коефіцієнти поглинання електромагнітних хвиль досягають від -25 до -30 дБ за потужністю, від -12 до -15 дБ за напруженістю полів. Але для більшості застосувань – захисту людей від електромагнітних впливів та забезпечення електромагнітної сумісності обладнання, такі ступені зниження рівнів полів є надлишковими.

Як свідчить досвід, достатніми є коефіцієнти екранування в межах від -10 до -15 дБ за потужністю. Крім того, до захисного від електромагнітних полів покриття висуваються додаткові вимоги – це адгезія з поверхнею, на яку наноситься захисне покриття, та тривалі терміни його експлуатації. Найбільш стійкі і прості у виробництві та застосуванні є двокомпонентні композиції. Наприклад, суміш стандартної фарби та дрібнодисперсного магнетиту має коефіцієнти екранування до 6–7 для зниження напруженості полів або щільності потоку енергії випромінювання. Але для таких коефіцієнтів потрібна досить велика товщина покриття, як правило багат шарова, більше 200 мкм. Для підвищення коефіцієнтів екранування у матеріал можна додавати лускатий графіт у кількості 5 % за масою, він підвищує коефіцієнти екранування на 20–30 % і більше. При цьому вміст магнетиту не повинен бути меншим 45 % за масою. Для одночасного підвищення коефіцієнта екранування та зменшення товщини покриття до суміші необхідно додавати сажу. Марка сажі є критичною, оскільки найбільш поширена марка сажі, яка використовується у гумовій промисловості, технологічно найменш придатна для вироблення захисних матеріалів. Найбільш ефективною є графітизована сажа, але вона має високу вартість, що неприйнятно для матеріалів, які використовуються для покриття великих площ, наприклад стін. Оптимальним є застосування ацетиленової сажі. Вона має прийнятну електропровідність та сприяє утворенню у композиті кіл провідності, сформованих частинками графіту. Найбільший коефіцієнт екранування отримується на межі перколяційного ефекту – різкого зростання питомої електропровідності матеріалу до порядку  $10^{-2}$  См/м. Для таких матеріалів можливі проблеми зі стабільністю. Метастабільні суміші схильні до деградації усіх властивостей, а ресурсних випробувань таких матеріалів не проводилося і досвіду їх довготривалого використання немає. Тому, на сьогоднішній день їх використання гарантовано ефективно тільки усередині будівель з мінімальними механічними і кліматичними впливами.

У багатьох випадках необхідним є забезпечення певного або мінімального коефіцієнта відбиття електромагнітних хвиль. Це досягається підбором або попереднім розрахунком електрофізичних та магнітних властивостей проєктованого матеріалу з наближенням його поверхневого імпедансу до показника повітря – 377 Ом. Але за коефіцієнтів відбиття 0,15 загальний коефіцієнт екранування низький. Тому, для одношарового матеріалу реально досяжними є коефіцієнти відбиття 0,25–0,30. Для їх зниження доцільно застосовувати дво- та тришарове покриття. Зовнішній шар забезпечує мінімальні коефіцієнти відбиття електромагнітних хвиль, внутрішній – достатнє поглинання енергії електромагнітних полів.