



КИЇВСЬКИЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА  
І АРХІТЕКТУРИ



ТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ  
ЧЕНСТОХОВА

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

### **ЕКОЛОГІЯ. РЕСУРСИ. ЕНЕРГІЯ**

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

КИЇВ  
24-26 листопада 2021

## КЕРІВНИЦТВО КОНФЕРЕНЦІЇ

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

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

**Малгожата УЛЕВИЧ**, професор Технологічного Університету Ченстохова,  
Республіка Польща – заступник голови

**Генрік Адам СОБЧУК**, директор Представництва Польської Академії Наук в  
Україні, Республіка Польща – заступник голови

### Члени наукового комітету:

Чернишев Д. – Україна

Шкуратов О. – Україна

Собчук Г. – Польща

Басок Б.І. – Україна

Волошкіна О. – Україна

Глива В. – Україна

Гомеля М. – Україна

Епоян С. – Україна

Желих В. – Україна

Жук В. – Україна

Корбут В. – Україна

Кочетов Г. – Україна

Кравчук А. – Україна

Кривомаз Т. – Україна

Мальований М. – Україна

Мартинов С. – Україна

Мілейковський В. – Україна

Панова О. – Україна

Предун К. – Україна

Пріхна Т. – Україна

Ткаченко Т. – Україна

Фіалко Н. – Україна

Хомутецька Т. – Україна

Хоружий В. – Україна

Васильєв А. – США

Оз Н. – Туреччина

Валері М. – Польща

Пікутін Я. – Польща

Хейс-Абішер С. – ФРН

Уйма А. – Польща

Токмаджян О. – Вірменія

Маргарян А. – Вірменія

Глінцерер Г. – Австрія

Лу П. – КНР

Мішо А. – Франція

Романюк Я. – Швейцарія

## РЕГЛАМЕНТ

### 24 листопада (середа)

10:00 – 10:20	Відкриття конференції
10:20 – 13:00	Пленарне засідання. 1 частина
14:00 – 17:00	Пленарне засідання. 2 частина

### 25 листопада (четвер)

10:00 – 12:00	I секційне засідання
13:00 – 15:00	II секційне засідання

### 26 листопада (п'ятниця)

10:00 – 13:00	III секційне засідання
13:00	Прийняття рішення та закриття конференції

**РОБОЧА ПРОГРАМА  
ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ**  
24 листопада 2021 р., 10:00

**Вітальні виступи:**

1. **Петро КУЛІКОВ**, голова наукового комітету, д.е.н., проф., ректор КНУБА
2. Привітання учасників конференції від **Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України**
3. **Ігор ГОПЧАК**, заступник директора департаменту управління водними ресурсами Держводагентства України, доцент кафедри геології та гідрології, кандидат географічних наук, доцент Національного університету водного господарства та природокористування, м. Рівне

**Пленарні доповіді:**

1. **Тетяна ПРИХНА**, д.т.н., академік НАН України: Матеріали і покриття на основі MAX фаз для підвищення ефективності і ресурсу роботи електротранспорту та твердотільних паливних комірок
2. **Małgorzata ULEWICZ, dr. hab.:** Sustainable construction – the application of waste materials in concrete composites
3. **Борис БАСОК**, д.т.н., чл. кореспондент НАН України: Теплоенергетика і глобальне потепління клімату
4. **Zbigniew SUCHORAB, Agnieszka MALEC, Henryk SOBCZUK, Grzegorz ŁAGÓD, Izolda GORGOL, Ewa ŁAZUKA, Przemysław BRZYSKI, Anton TRNIK:** Determination of Time Domain Reflectometry surface sensors sensitivity depending on geometry and material moisture
5. **Геннадій КОЧЕТОВ**, д.т.н., **Алексей ВАСИЛЬЄВ**, докт.: Комплексне феритизаційне очищення стічних вод гальванічних виробництв
6. **Валентин ГЛИВА**, д.т.н., **Олена ПАНОВА**, к.т.н., **Яна БІРУК:** Технології виготовлення та методологія застосування електромагнітних екранів на рідинній основі
7. **Тетяна КРИВОМАЗ**, д.т.н., **ПЕРЕБИНОС А.**, к.т.н., **Антоніна САВЧЕНКО:** Адаптація будівельної галузі до змін клімату шляхом впровадження принципів зеленого будівництва

8. **Вадим КОРБУТ, д.т.н., Віктор МІЛЕЙКОВСЬКИЙ, д.т.н., Тетяна ТКАЧЕНКО, д.т.н.:** Сучасні тенденції розвитку енергоефективного формування мікроклімату великогабаритних будівель різного призначення в умовах медико-біологічних викликів
9. **Тетяна ТКАЧЕНКО, д.т.н.:** Концепція швидкого вирішення проблеми відведення дощових стоків з міських непроникних територій
10. **Валерій МАКАРЕНКО, д.т.н., Олена ПАНЧЕНКО, Юлія МАКАРЕНКО, БІЛИК С.І., д.т.н., МАКСИМОВ С.Ю., д.т.н., чл.-кор. НАНУ, Віктор ХОРУЖИЙ, д.т.н.:** Корозійно-механічні руйнування залізобетонних конструкцій гідротехнічних споруд (проблеми, механізми, шляхи, стратегія подовження безаварійного ресурсу)
11. **Геннадій ЖУК, д.т.н., Костянтин ПРЕДУН, д.е.н.:** Газові технології на шляху до низьковуглецевої економіки України
12. **Meryem YILMAZ, Nurtaç ÖZ, Dr., Ahmet ÇELEBİ, Ph.D.:** Investigation of color removal of real textile industry wastewater in membrane bioreactor-active carbon system
13. **Олена ВОЛОШКІНА, д.т.н.:** Взаємозв'язок забруднення атмосферного повітря та здоров'я населення в умовах глобальних кліматичних змін
14. **Олександр ПРИЙМАК, д.т.н.:** Розвиток централізованого тепlopостачання в Україні

#### **Виступи від партнерів конференції**

1. **Людмила ЦИГАНОК, Президент Професійної асоціації екологів України, CEO Ecobusiness Group, шеф-редактор «ECOBUSINESS. Екологія підприємства»:** **Екотрансформація в Україні: чому назріла необхідність внесення змін до ЗУ «Про охорону навколишнього природного середовища» та як це позначається на роботі еколога?**
2. **Світлана ПЕРМИНОВА, Директор Центру екологічної сертифікації та маркування ВГО «Жива планета»:** **Як будувати енергоефективні та зелені школи в Україні**

## СЕКЦІЙНІ ЗАСІДАННЯ

25-26 листопада 2021 р.

### Основні тематичні напрямки:

#### Екосистеми та водні ресурси. Інженерія. технології

1. **Михайло БЕРЕЗНИЙ, Олена ЖУКОВА:** Стік та витрати води в річках
2. **Ігор САТІН, Олена ПАНЧЕНКО:** Удосконалення методології дослідження морфологічного складу побутових відходів з урахуванням стратифікації
3. **Олександр ШЕВЧЕНКО, Тетяна ЦЬОМА, Леся ВАСИЛЕНКО, Юлія БЕРЕЗНИЦЬКА:** Забруднення поверхневих вод фосфатами
4. **Іван СТЕФАНОВИЧ, Павло СТЕФАНОВИЧ:** Виробничі ризики, їх причина та кваліфікація
5. **Svetlana ABU DEEB, Tetiana TKACHENKO:** Dynamics of soil pollution by nitrates and organochlorine pesticides on the territory of agrocenocenes
6. **Катерина МАЛАХІВСЬКА, Ірина КЛІМОВА:** Вплив техногенних факторів на екологічний стан м. Бровари
7. **Roman HLUSHCHENKO, Tetiana TKACHENKO, Viktor MILEIKOVSKIYI, Adam UJMA:** Effective drainage of rainwater from roads by rain gardens-strips in the concept of the city-sponge
8. **Михайло БЕРЕЗНИЙ, Павло СЕГЕДА, Леся ВАСИЛЕНКО, Юлія БЕРЕЗНИЦЬКА:** Дослідження змін концентрацій шкідливих речовин у районах м. Києва
9. **Ілона АНДРЮЩЕНКО, Юлія БЕРЕЗНИЦЬКА, Леся ВАСИЛЕНКО:** Оцінка природно-заповідного фонду Кіровоградської області
10. **Наталя ДЮЖИЛОВА, Світлана ПЕРМИНОВА, Іван ПРОКОПЕНКО, Марина КРИГЕР:** Як будувати енергоефективні та зелені школи в Україні
11. **Юлія ТАРАБАНОВА, Леся ВАСИЛЕНКО, Юлія БЕРЕЗНИЦЬКА:** Ґрунтові ресурси Херсонської області: сучасний стан, проблеми деградації та охорона
12. **Олена КОТОВЕНКО, Олена МІРОШНИЧЕНКО, Денис ПРИЙМАК:** Один з підходів до утилізації танкових та продувочних газів агрегату синтезу аміаку
13. **Антоніна САВЧЕНКО:** Мінімізація впливу будівельної галузі на екологію населених пунктів шляхом впровадження норм зеленого будівництва
14. **Svetlana BAITOVA, Natalia ZHURAVSKA:** Monitoring of nitrate content in water of individual wells

**Водопостачання та водовідведення. Інженерія. технології**

1. **Віктор ХОРУЖИЙ, Тетяна ХОМУТЕЦЬКА, Ігор НЕДАШКОВСЬКИЙ:** Модернізація водозабірно-очисних споруд систем водопостачання
2. **Олена ГІЖА:** Розрахунки коротких трубопроводів з урахуванням стабілізації потоку
3. **Андрій КРАВЧУК, Олександр КРАВЧУК:** Визначення гідравлічного коефіцієнта тертя  $\lambda_{зб}$  для напірних збірних перфорованих трубопроводів
4. **Лариса САБЛІЙ, Вероніка ЖУКОВА, Людмила СПІШОВА:** Очищення соапстоків підприємств олійно-жирової промисловості фізико-хімічними методами
5. **Олександр КВАРТЕНКО, Ігор ПРИСЯЖНЮК:** Прогнозування процесу очищення підземних вод в біореакторі за допомогою феробактерій
6. **Сергій МАРТИНОВ, Алла ОРЛОВА:** Інтенсифікація знезалізнення низьколуужних підземних вод
7. **Степан ЕПОЯН, Тамара АЙРАПЕТЯН, Геннадій СУХОРУКОВ, Олександр ГАЙДУЧОК, Віталій ГАНЖА:** До питання підвищення ефективності змішування реагентів з природною водою за рахунок використання удосконаленого вихрового змішувача
8. **Валерій МАКАРЕНКО, Володимир ГОЦ, Тетяна ХОМУТЕЦЬКА, Юлія МАКАРЕНКО, Тетяна АРГАТЕНКО, Ірина ПРИБИТЬКО, Олена ПАНЧЕНКО:** Карбонізація бетону і корозія арматури залізобетонних конструкцій підземних каналізаційних систем
9. **Олексій ПЕТРОЧЕНКО:** Протипаводкові водосховища та їх інноваційний розвиток
10. **Світлана ВЕЛИЧКО, Олена ДУПЛЯК, Тетяна КУРБАНОВА:** Оцінка стійкості верхового укусу сухої гірської ємності при різких змінах рівня води під час паводку
11. **Олексій ПЕТРОЧЕНКО, Вячеслав ПЕТРОЧЕНКО, Олексій ХАРЛАМОВ:** Паводки як глобальна проблема людської цивілізації
12. **Олексій ТЕРНОВЦЕВ, Олена ЗОРЯ, Вікторія СТОЯНОВА:** Експериментальні дослідження знезалізнення води гальванокоагуляцією
13. **Анастасія СНИТКО, Микола МОНАСТИРЬОВ, Геннадій КОЧЕТОВ, Дмитро САМЧЕНКО:** Очистка промислових стічних вод наносорбентом, який синтезовано методом електроерозійного диспергування
14. **Дмитро ПАХОМОВ, Геннадій КОЧЕТОВ, Дмитро САМЧЕНКО:** Феритизаційна очистка стічних вод від сполук хрому (VI) з використанням термічної та електромагнітної імпульсної активації
15. **Олена ГІЖА, Юрій КОПАНИЦЯ, Оксана НЕЧИПОР, Нестан ТАВАРТКІЛАДЗЕ:** Універсальний веб-інтерфейс визначення критичної глибини у відкритих руслах
16. **Станіслав ДУШКІН, Андрій ШЕВЧЕНКО, Тамара ШЕВЧЕНКО, Вячеслав ТКАЧОВ:** Зневоднення осадів побутових стічних вод з додаванням мінеральної складової

17. **Тетяна КУБА, Олександр КРАВЧЕНКО:** Сучасні методи знезалізнення води та шляхи їх інтенсифікації
18. **Олександр КРАВЧЕНКО:** Стосовно необхідності удосконалення нормативної бази проектування систем водопостачання і водовідведення
19. **Людмила ЧЕРНИШОВА, Сергій МОВЧАН:** Розробка та удосконалення технологічних рішень по очищенню стічних вод ремонтних підприємств АПК

### **Опалення, вентиляція та кондиціонування. Інженерія. технології**

1. **Ірина ПЕФТЄВА:** Механізм уловлення пилу в трубах Вентурі та його моделювання за ймовірнісним методом
2. **Анатолій МАКАРОВ, Михайло СЕНЧУК, Андрій ХОДОС, Михайло КИРІЄНКО:** Підвищення ефективності технологічної схеми промислового високотемпературного повітрянагрівача
3. **Анна МОСКВІТІНА, Марія ШИШИНА:** Визначення необхідних заходів для забезпечення подальшої надійної і безпечної експлуатації Софійського собору
4. **Вікторія КОНОВАЛЮК, Юрій ФРАНЧУК:** Дослідження залежності ефективності використання газу від його тиску в побутових газових плитах
5. **Юрій ЧОВНЮК, Анна МОСКВІТІНА:** Обґрунтування методики розрахунку та оптимізації трубчастих теплообмінних апаратів для неньютонівських рідин
6. **Юрій ЧОВНЮК, Анна МОСКВІТІНА, Ірина ПЕФТЄВА:** Використання методу інтегральних співвідношень для аналітичного розв'язку гіперболічних моделей теплопровідності
7. **Вадим КОРБУТ, Віктор МІЛЕЙКОВСЬКИЙ, Сергій РИБАЧОВ:** Оптимізація параметрів дворівневого повітряно-струминного екрану за ефективністю
8. **Віталій ПЕТРАШ, Дмитро БАСИСТ, Еліна ГЕРАСКІНА:** Енергозбереження на основі взаємозв'язку гідравлічної та теплової стійкості систем водяного опалення
9. **Анна МУЛЯР, Юлія КОЛЬЧИК:** Врахування впливу сонячної радіації при використанні по-фасадного регулювання системи опалення
10. **Вадим КОРБУТ, Ярослав ЛУЧИЦЬКИЙ:** Аналіз існуючих схем автоматичного управління режимами роботи систем вентиляції та кондиціонування
11. **Вадим КОРБУТ, Владислав ЛУЧИЦЬКИЙ:** Аналіз існуючих видів рекуператорів систем вентиляції
12. **Вадим НАЛИВАЙКО, Вікторія КОНОВАЛЮК:** Розробка багатофункціональної установки дрібнодисперсного зрошення «Устімор»
13. **Віктор МІЛЕЙКОВСЬКИЙ, Тетяна ТКАЧЕНКО, Володимир ДЗЮБЕНКО:** Якість внутрішнього повітря житла при природній вентиляції

14. **Віктор МІЛЕЙКОВСЬКИЙ, Тетяна ТКАЧЕНКО, Лавр КОТЕЛКОВ:** Моделювання природного повітрообміну та якості повітря в приміщенні за методом інтегральної витрати – А. Я. Ткачука
15. **Віктор МІЛЕЙКОВСЬКИЙ, Лавр КОТЕЛКОВ, Олександр ТРИГУБ, Дмитро ГУЗИК:** Апроксимація параметрів витікання повітря з отворів для моделювання природного повітрообміну
16. **Володимир ШЕПІТЧАК, Юрій ФУРДАС, Василь ЖЕЛИХ, Микола БРОДСЬКИЙ, Маріуш ADAMSKI:** Низькотемпературні променеві системи опалення в модульних будівлях

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

1. **Борис БАСОК, Марина НОВІЦЬКА, Олександр НЕДБАЙЛО, Світлана ГОНЧАРУК, Віктор ПРИЄМЧЕНКО:** Дослідження теплообмінних характеристик опалювальних керамічних панелей
2. **Олександр НЕДБАЙЛО, Борис БАСОК, Марина НОВІЦЬКА, Віктор ПРИЄМЧЕНКО:** Дослідження термовологісних параметрів повітря у ґрунтових теплообмінниках
3. **Геннадій ЖУК, Юрій ІВАНОВ, Сергій КРУШНЕВИЧ:** Енергоефективні технології одержання біогазів
4. **Борис БАСОК, Борис ДАВИДЕНКО, Володимир НОВІКОВ, Світлана ГОНЧАРУК, Лілія КУЖЕЛЬ, Оксана ЛИСЕНКО:** Чисельна модель перенесення теплоти в пористому середовищі при роботі вертикального ґрунтового теплообмінника
5. **Олександр ШАПОВАЛ, Наталія ЧЕПУРНА:** Ефективне використання теплового насоса типу «повітря-повітря» для забезпечення мікроклімату офісної будівлі
6. **Володимир ГОЦУЛЕНКО, Олександр НЕДБАЙЛО, Світлана ГОНЧАРУК, Оксана ЛИСЕНКО, Ігор БОЖКО:** Комплексні дослідження гідродинаміки, теплообміну та явищ нестійкості потоку теплоносія в системах кліматизації будинку 0-енергії
7. **Борис БАСОК, Борис ДАВИДЕНКО, Лілія КУЖЕЛЬ, Володимир НОВІКОВ:** Дослідження конвективної складової теплообміну у вузькому каналі міжскляного простору у сучасних склопакетах
8. **Ірина ВЕНГРИН, Степан ШАПОВАЛ, Василь ЖЕЛИХ, Христина КОЗАК, Богдан ГУЛАЙ:** Теплозабезпечення будівель екологічно чистими джерелами енергії із застосуванням сонячної енергії
9. **Юрій СНЄЖКІН, Жанна ПЕТРОВА, Юлія НОВІКОВА, Антон ПЕТРОВ:** Шляхи утилізації застарілих мулових відкладень на паливо
10. **Павло ГЛАМАЗДІН, Евеліна СІРОХІНА:** Перспективи використання геліосистем з високотемпературними органічними теплоносіями



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

1. Григорій КРАСНЯНСЬКИЙ, Василь КЛАПЧЕНКО, Ірина АЗНАУРЯН, Олег БЕСАРАБ: Захоронення осадів гальванічних стічних вод у будівельних матеріалах
2. Олена ПАНОВА, Ян КОРМІЛІЦИН, Діана ЖЕРЕБЧУК: Екрануючі властивості новітніх покриттів власного виробництва
3. Григорій КРАСНЯНСЬКИЙ, Ірина АЗНАУРЯН, Олег БЕСАРАБ: Вплив технологічних факторів на ефективність екранування електромагнітного випромінювання облицювальними матеріалами
4. Дмитро РОГОЖИН, Володимир ВІТКОВСЬКИЙ, Микола КАРПЮК, Павло ГЛАМАЗДІН, Крістіна ГАБА: Енергоресурсозбереження в системах централізованого теплопостачання за рахунок оптимізації служби підготовки води. Досвід КП «Житомиртеплоенерго»

## ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

*Тетяна ПРИХНА, д.т.н., академік НАНУ, Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України, Київський національний університет будівництва і архітектури*

### **МАТЕРІАЛИ І ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ МАХ ФАЗ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ І РЕСУРСУ РОБОТИ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ ТА ТВЕРДОТІЛЬНИХ ПАЛИВНИХ КОМІРОК**

Наноламінатні матеріали на основі МАХ фаз і покриття системи Ti-Al-C ( $Ti_2AlC$ ,  $Ti_3AlC_2$ ,  $Ti_3AlC$ ) ефективні в якості струмознімальних вставок в пантографи трамваїв та тролейбусів, а також для виготовлення інтерконектів твердотільних оксидних паливних комірок (ТОПК), оскільки вони вдало поєднують у собі якості керамічних матеріалів та металів. Вони є корозійностійкими при високих температурах у окисному і водневому середовищах, мають високу хімічну, радіаційну та кавітаційну стійкість, тепло- і електропровідність, здатні до самозаліковування, характеризуються низьким коефіцієнтом тертя і високою демпфуючою здатністю та дугостійкістю, невисокою питомою вагою, а відносно невисока твердість істотно спрощує їх механічну обробку. З синтезованого методом гарячого пресування масивного матеріалу на основі  $Ti_3AlC_2$  були виготовлені електроконтактні вставки для пантографів трамваїв і тролейбусів для депо ЛКП «Львівелектротранс», які вже два роки поспіль працюють без заміни на маршрутах трамваїв м. Львова. Як показали дослідження, знос вставок пантографу трамваю в умовах сухого тертя виявився у 2,7 разів меншим за знос традиційного використовуваного алюмінієвого сплаву АК12 зі змащуванням, при цьому знос мідного контактного дроту зменшився ~ у 9 разів, а застосування мастила (гліцерину) дозволило ще зменшити знос мідного дроту (у 6 разів або загалом у 54 рази).

Композитне покриття на основі МАХ фаз  $Ti_2AlC$ , та  $Ti_3AlC$ , одержане методом вакуумно-дугового осадження, зберегло високий рівень електропровідності  $\chi = 1,3 \cdot 10^6$  См/м і продемонструвало високу окисну стійкість  $\Delta m/S = 0.07$  мг/см<sup>2</sup> після тривалого нагрівання на повітрі при 600 °С протягом 1000 год., а механічні характеристики покриття навіть покращилися (за рахунок азотування) і становили: нанотвердість  $H_v(10 \text{ мН}) = 9,5 \pm 1,5$  ГПа, модуль Юнга  $E = 190 \pm 10$  ГПа. Це свідчить про надзвичайну перспективність використання даних покриттів для виготовлення інтерконектів ТОПК взамін широко використовуваної високохромистої сталі Crofer 22APU, що має істотно нижчу стійкість до окиснення, майже вдвічі вищу питому вагу, а хром може ще й спричиняти отруєння катоду.

*Борис БАСОК, д.т.н., чл.-кор. НАН України, Інститут технічної теплофізики НАН України*

*Марина НОВІЦЬКА, к.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України*

*Олександр НЕДБАЙЛО, д.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України*

*Світлана ГОНЧАРУК, к.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України*

*Віктор ПРИЄМЧЕНКО, Інститут технічної теплофізики НАН України*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОБМІННИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПАЛЮВАЛЬНИХ КЕРАМІЧНИХ ПАНЕЛЕЙ**

Використання опалювальних керамічних панелей є одним із можливих способів досягнення теплового комфорту користувачів в енергоефективних будівлях. В роботі наведені експериментальні дослідження опалювальних керамічних панелей.

Експериментальні дослідження проводились на матеріально-технічній базі Інституту технічної теплофізики НАН України в науковій теплофізичній лабораторії, що розташована за адресою м. Київ, вул. Булаховського, 2. Наявна лабораторія представляє собою повномасштабний будинок, що використовується для експериментальних вимірювань теплових величин при його тепловій взаємодії з довкіллям та термостатуванні приміщень, а також для подальшої оптимізації складових компонентів конструкції будинку та його інженерних систем теплозабезпечення.

Конструктивно обігрівачі керамічні складаються із двох шарів. Першим є керамічна плитка. Другим шаром є електротермічний плоский елемент, що нанесений на поверхню тильної сторони керамічної плитки. Геометричні розміри нагрівачів складають 1,2x0,6 м. Товщина керамічної плитки кожного 0,008 м. Два керамічні обігрівачі розташовувались в прямокутному лабораторному приміщенні висотою 2,75 м із розмірами 9,28x3,3 м під вікнами на відстані 0,1 м від поверхні зовнішньої стіни. Вимірювання значень температури на поверхні кожного керамічного обігрівача проводились за допомогою мікроконтролерних вторинних приладів, що розроблені та виготовлені у відділі теплофізичних основ енергоощадних технологій (ТОЕТ) Інституту технічної теплофізики НАН України. Наявне обладнання дозволяє одночасно проводити безперервний моніторинг та збереження даних в цифровому вигляді на компактному носії (microSD) з 12 датчиків температури DS18B20. Для вимірювання швидкості руху та температури повітря використовувався термоанемометр TESTO 405i (діапазон вимірювання швидкості до 2 м/с та температури  $-20...50$  °C) в штативі із дискретним передаванням даних у цифровому вигляді на комп'ютер по бездротовому інтерфейсу Bluetooth. При цьому похибка вимірювання швидкості руху повітря складала  $\pm (0,1 \text{ м/с} + 5\% \text{ від виміряного значення в діапазоні від } 0...2 \text{ м/с})$  і температури  $\pm 0,5$  °C.

За результатами роботи зроблено наступні висновки: 1. Температура поверхні керамічної плитки обігрівача вища в центрі та зменшується при наближенні до країв. При числовому моделюванні керамічного електричного обігрівача можна приймати, що температура поверхні керамічного обігрівача рівномірна по поверхні. 2. Проведені експериментальні дослідження показали, що в штучно створеному

квазістаціонарному тепловому режимі приміщення температура повітря по висоті змінювалась в невеликому інтервалі. Це надає можливість стверджувати, що при використанні керамічних електричних обігрівачів, як опалювальних приладів, температура повітря відносно рівномірно розподіляється по висоті приміщення.

***Віктор ХОРУЖИЙ**, д.т.н., Київський національний університет будівництва та архітектури*

***Тетяна ХОМУТЕЦЬКА**, д.т.н., Київський національний університет будівництва та архітектури*

***Ігор НЕДАШКОВСЬКИЙ**, к.т.н., Одеська державна академія будівництва та архітектури*

## **МОДЕРНІЗАЦІЯ ВОДОЗАБІРНО-ОЧИСНИХ СПОРУД СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ**

В роботі досліджували стан поверхневих водних джерел водопостачання, причини їх забруднення та вплив забруднюючих показників в поверхневих водних джерелах на якість очищеної води. Щоб покращити якість очищення питної води потрібно інтенсифікувати роботу всіх споруд водопідготовки, починаючи від водозабірних споруд і закінчуючи мережами водопостачання. На існуючих спорудах, крупні завислі речовини проходять через сітки водозабірних колодязів, насоси I-го підйому і надходять на водоочисні споруди. Це призводить до абразивного зношення насосів і трубопроводів, замулення берегових колодязів, відстійників і фільтрів водоочисної станції; необхідності періодичного очищення та промивання цих споруд з відносно великими витратами промивної води.

Лабораторні дослідження якості питної води після очистки на міських водопровідних станціях великих міст України, які були проведені і систематизовані Держсанепідемнаглядом України, а також науково-дослідною лабораторією кафедри водопостачання та водовідведення КНУБА, показали, що вода після її очищення не відповідає вимогам існуючих нормативних документів для питної води.

Застосування трубних фільтрувальних оголовоків (рис.3.) дає можливість захистити водоприймальні отвори від обмерзання глибинним льодом та закупорювання її шугою, а також забезпечити попереднє очищення води від наносів і крупних завислих речовин.

При реконструкції берегових водозабірних споруд може бути використаний береговий сифонно-фільтрувальний водозабір.

Запропоновані русловий та берговий водозабори дозволяють видаляти завислі речовини із вихідної води безпосередньо у водному джерелі, що дає можливість не тільки збільшити продуктивність водоочисної станції, а й значно зменшити її будівельну вартість, спростити експлуатацію споруд і зменшити річні експлуатаційні витрати.

Застосування водозабірно-очисних споруд дозволяє зменшити брудозатримувальне навантаження на головні очисні споруди, підвищити надійність захисту мальків риб від їх попадання в насоси і на очисні споруди,

поліпшити екологічний стан водойм у місцях розташування водозабірно-очисних споруд, та ефективно очищувати воду від органічних сполук, що містяться у воді.

**Олександр НЕДБАЙЛО**, д.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України  
**Борис БАСОК**, д.т.н. чл.-кор. НАН України, Інститут технічної теплофізики НАН України

**Марина НОВИЦЬКА**, к.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України  
**Віктор ПРИЄМЧЕНКО**, Інститут технічної теплофізики НАН України

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОВОЛОГІСНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОВІТРЯ У ҐРУНТОВИХ ТЕПЛООБМІННИКАХ**

Як відомо, вентиляція призначена для нормалізації значень температури, вологості та інших якісних показників повітря. Нормативний повітрообмін в приміщеннях різного призначення визначається ДБН України та його дотримання є обов'язковим при проектуванні різних будівель (в т.ч. енергоефективних будинків) чи реконструкції існуючих будівель.

Метою роботи є експериментальні дослідження термовологісних параметрів повітря, що проходить крізь трубопроводи системи геотермальної вентиляції енергоефективного будинку в процесі її цілорічної експлуатації.

Експериментальний стенд для дослідження теплотехнічних параметрів геотермальної вентиляції складається з приймального пристрою, що знаходиться в місці без прямого впливу інсоляції; пластикового трубопроводу Ø110 мм П-подібної конструкції, що заглиблений на 2,2 м нижче рівня ґрунту; осьового вентилятора Вентс ТТ200 для прокачування повітря по ґрунтовому теплообміннику та повітропроводах системи вентиляції будинку, а також приладів контрольно-вимірювальної системи: термоанемометра Testo 405-V1, напівпровідникових датчиків ВМЕ280, що реєструють температуру, відносну вологість і тиск повітря із використанням мікроконтролерів ATMEGA-328.

Експериментальні дослідження, результати яких наводяться нижче, проводились протягом періоду з 20 березня по 30 травня 2021 р. Експеримент тривав цілодобово із фіксацією значень температури та відносної вологості повітря кожні 10 хв. Швидкість повітря в контурі ґрунтового теплообмінника мала значення 5,5 м/с, що відповідало об'ємній витраті 37 дм<sup>3</sup>/с.

Визначено, що добові коливання температури повітря на вході до контуру майже не впливають на значення температури на виході з нього. Це обґрунтовується тим, що теплообмінник має значну площу теплообмінної поверхні, що характеризує його ефективну експлуатацію.

Опосередковано виявлені ознаки появи часткової конденсації водяної пари із зовнішнього повітря. Конденсатоутворення на внутрішній поверхні ґрунтового теплообмінника мало місце у весняний період експлуатації системи, коли значення середньої добової температури зовнішнього повітря були майже рівні з такими для ґрунтового масиву поблизу теплообмінника. При цьому відносна вологість вентиляційного повітря здебільшого перевищувала (на 20 - 25%) таку зовнішнього повітря. Також в окремі проміжки часу відбувалась конденсація водяної пари

(відносна вологість повітря в стані насичення досягала 100%).

Експериментально виявлені небажані явища конденсатоутворення в трубопроводі повітряно-ґрунтового теплообмінник під час його експлуатації в окремі проміжки часу. Наявність цього ефекту вимагає розроблення додаткових технічних заходів щодо додаткового очищення припливного вентиляційного повітря від можливих біологічних забруднень, що виникають у вологому середовищі.

**Валентин ГЛИВА**, д.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Олена ПАНОВА**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Яна БІРУК**, Київський національний університет будівництва і архітектури

## **ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ТА МЕТОДОЛОГІЯ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ЕКРАНІВ НА РІДИННІЙ ОСНОВІ**

Разом із новими відкриттями виникають нові небезпеки щодо техногенного впливу людей. Ера розвитку зв'язку та бездротових мереж призводить до глобального електромагнітного забруднення. Постає питання збереження здоров'я людей у різних сферах діяльності. Це змусило ВООЗ відкрити проєкт щодо вивчення усіх негативних наслідків для здоров'я, пов'язаних з технологіями, які генерують електромагнітні поля. Найбільш ефективним методом захисту від впливу електромагнітних полів і випромінювань є екранування. Актуальною задачею є дослідження захисних властивостей рідинних матеріалів для екранування електричних, магнітних та електромагнітних полів широкого частотного діапазону. Тому, розроблення високоефективних, широкосмугових і зручних в експлуатації композиційних матеріалів - найбільш сучасне вирішення цього питання. Для реалізації екранування окремих приміщень, частин будівель, доцільно дослідити можливості вироблення і застосування екрануючих матеріалів на рідинних носіях.

Метою досліджень було виявлення захисних властивостей новітніх матеріалів на основі фарб з різним вмістом металевої субстанції та надання розрахункового апарату для розроблення електромагнітних екранів з керованими захисними властивостями.

Виготовлено три типи екрануючого захисного матеріалу: суміш № 1 – водно-дисперсійна фарба з додаванням залізорудного концентрату у вагових кількостях 15, 30, 45, 60 %; суміш № 2 – геополімерна фарба з додаванням залізорудного концентрату у вагових кількостях 15, 30, 45, 60 %; суміш № 3 – геополімерна фарба з додаванням суміші залізорудного концентрату та GreyX у пропорції 1:1 у вагових кількостях 15, 30, 45, 60 % .

В результаті досліджень отримано наступні значення загальних коефіцієнтів екранування електромагнітного поля промислової частоти шарів суміші завтовшки 0,22-0,25 міліметрів за вмісту екрануючої субстанції 15-60 % (за вагою): для водно-дисперсійної фарби складають 1,1-2,9; для геополімерної фарби складають 1,1-5,3. Розраховані значення відносної магнітної проникності матеріалів складають 1,27-1,48. Для суміші № 2 відносна магнітна проникність становить 1,50-1,51, що є

прийнятними значеннями. Розраховані відносні діелектричні проникності складають 3,42-3,65; виміряні – 3,45-3,68. Коефіцієнт відбиття електромагнітних хвиль ультрависокої частоти за розрахунками складає 0,20; вимірний експериментально – 0,22-0,23.

Результати досліджень свідчать, що розроблені матеріали придатні для захисту людей від електромагнітних впливів у виробничих та побутових умовах, принаймні за вмісту екрануючої субстанції більше 45 % (за вагою). Вміст наповнювачів за об'ємом є набагато меншим через значні відмінності густин металовмісного наповнювача й використаних фарб. Тому наповнювач суттєво не впливає на зчеплення фарби з поверхнею, що є важливим для практичного застосування отриманих захисних матеріалів.

Виготовлення екрануючих рідинних композицій на основі серійних фарб і субстанцій концентрату залізної руди з пігментними металовмісними добавками є практичним і ефективним способом захисту здоров'я людей. Для максимальної ефективності потрібно провести заміри випромінювання аби створити найбільш прийнятну суміш для даного випадку.

Подальше вивчення сумішей і проведення розрахунків щодо екранування і захисту від техногенного впливу від електромагнітних полів різного частотного діапазону надає можливість впровадження автоматизованого проектування захисних композиційних матеріалів.

**Тетяна КРИВОМАЗ**, д.т.н., проф., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Альона ПЕРЕБИНОС**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Антоніна САВЧЕНКО**, Київський національний університет будівництва і архітектури

## **АДАПТАЦІЯ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ ДО ЗМІН КЛІМАТУ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРИНЦИПІВ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА**

Проблема кліматичних змін загострюються внаслідок пришвидшення темпів урбанізації та вичерпання ресурсів. Міста суттєво впливають на кліматичні зміни, оскільки вони споживають 78% світової енергії і виробляють понад 60% викидів парникових газів, хоча при цьому вони займають менше 2% поверхні Землі. Роль міст зростає експоненціально з наслідками їх впливу на кліматичні зміни. Очікування зростання рівня комфорту побудованого середовища закономірно супроводжується підвищенням використання ресурсів і енергії. В результаті глобальних кліматичних змін зростає тривалість спекотних періодів та інтенсивність стихійних гідрометеорологічних явищ, змінюється режим випадання опадів, що у поєднанні з підвищенням темпів урбанізації, представляє серйозну загрозу соціальній стабільності, економічній та екологічній безпеці міського населення та середовища. Водночас будівництво і побудоване середовище безпосередньо залежить від цілої низки кліматичних факторів. Кліматична інформація використовується на всіх стадіях будівельного проекту: розробка концепції, технічне проектування,

організація та проведення будівельних робіт, експлуатація будівель і споруд, ремонт та реконструкція, знесення з послідовною утилізацією та рециклізацією. Свідомі професіонали будівельної галузі відчують відповідальність за негативний вплив на довкілля і намагаються запроваджувати стійкі заходи для зменшення руйнівних кліматичних наслідків, щоб забезпечити розвиток і процвітання наступних поколінь. Проаналізовано роль будівельної галузі у досягненні цілей ООН зі сталого розвитку та зниження впливу на кліматичні зміни за допомогою впровадження принципів зеленого будівництва. Зменшення вразливості міст до кліматичних змін передбачає заходи спрямовані на підвищення адаптаційного потенціалу, зниження ризиків та ступеню чутливості, збільшення потенціалу для подолання надзвичайних подій та отримання вигоди внаслідок кліматичних змін. Зниження впливу урбанізованого середовища на кліматичні зміни потребує комплексного стратегічного плану заходів для кожного сектору міського розвитку. Зелене будівництво спрямоване на мінімізацію негативного впливу на довкілля, а інноваційні зелені технології забезпечують скорочення викидів вуглецю.

*Вадим КОРБУТ, д.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Віктор МІЛЕЙКОВСЬКИЙ, д.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Тетяна ТКАЧЕНКО, д.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

## **СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ФОРМУВАННЯ МІКРОКЛІМАТУ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ БУДІВЕЛЬ РІЗНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ В УМОВАХ МЕДИКО-БІОЛОГІЧНИХ ВИКЛИКІВ**

Розглянуто сучасні тенденції розвитку систем формування мікроклімату у великогабаритних будівлях. Представлено різні схеми організації повітрообміну у приміщеннях великих габаритів залежно від призначення з точки зору витрат енергії на оброблення та переміщення повітря, а також забезпечення санітарно-гігієнічних вимог. Обґрунтовано найбільш перспективні шляхи розвитку формування мікроклімату у великогабаритних будівлях, зокрема, зміна продуктивності систем вентиляції залежно від фактичних потреб приміщення. У результаті розроблено ефективний принцип організації повітрообміну у приміщеннях великої площі та висоти без можливості подачі повітря безпосередньо до робочої зони. Цей принцип передбачає максимально близьку подачу повітря від робочої зони. З використанням розробленої теорії великомасштабної вихрової структури струминних течій створено нові повітророзподільні пристрої, які базуються на взаємодії струминок, що насталяються на опуклу поверхню. При подачі повітря вільними неізотермічними струминами в них діють сили інерції та гравітації, натомість унікальні властивості струмин від розроблених повітророзподільників пояснюються впливом додаткової сили тиску за рахунок розрідження на поверхні настилання. Розроблені повітророзподільники максимально використовують цю додаткову силу, яка стає визначальною. Результати досліджень показали, що сформована струмина зберігає



свої властивості при глибокому зменшенні витрати припливного повітря без потреби зміни геометричної форми повітророзподільника. В умовах пандемії COVID-19 особливо гостро постала проблема розповсюдження різних хвороботворних мікроорганізмів та вірусів у приміщеннях зі скупченням людей. На сьогодні роль вентиляції у розповсюдженні саме зазначеного вірусу вивчена не до кінця. Однак зрозуміло, що рівномірне розподілення повітря в робочій зоні мінімізує горизонтальне перетікання повітря в ній та переміщення мікрочастинок. Тому розроблена схема буде ефективно функціонувати і в цих умовах. Оскільки усунути підтікання повітря до струмини з середньої і робочої зон при подачі повітря над останньою неможливо, то постає необхідність очищення цього повітря. Інженерні заходи не дозволяють вирішити цю задачу. Тому пропонується використання біотехнології — залучення фітонцидних рослин, здатних знищувати шкідливі мікроорганізми та поглинати забруднювачі повітря. Розроблена конструкція повітророзподільників дозволяє розміщувати ці рослини саме в зонах підтікання навколишнього повітря до струмин. Запропоновано відповідний асортимент рослин.

*Андрій КРАВЧУК, д.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Олександр КРАВЧУК, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

### **ВИЗНАЧЕННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО КОЕФІЦІЄНТА ТЕРТЯ $\lambda_{зб}$ ДЛЯ НАПІРНИХ ЗБІРНИХ ПЕРФОРОВАНИХ ТРУБОПРОВОДІВ**

При гідравлічному розрахунку трубопроводів різного призначення, які працюють в напірному режимі руху рідини, однією з головних розрахункових характеристик є втрати напору за довжиною каналу. При цьому основна увага приділяється визначенню величини гідравлічного коефіцієнта тертя  $\lambda$ . Для труб із суцільними стінками, що транспортують рідину з постійною витратою, методика визначення даного коефіцієнта відпрацьована досить добре. А для трубопроводів, які працюють при нерівномірному режимі руху зі змінною за довжиною каналу витратою, визначення гідравлічного коефіцієнта тертя представляє суттєві складнощі. Нами на основі проведених експериментальних досліджень збірних перфорованих трубопроводів отримані досить прості і зручні для використання емпіричні формули для визначення гідравлічного коефіцієнта тертя  $\lambda_{зб}$ . Запропоновані розрахункові залежності охоплюють практично весь діапазон зміни конструктивних характеристик реальних збірних трубопроводів. Показано, що наявність притоку за довжиною перфорованого каналу суттєво змінює характер руху рідини в ньому і відповідно збільшує величину розглядуваного коефіцієнта для даних труб у порівнянні з трубами із суцільними стінками.

**Олена ГІЖА**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

## **РОЗРАХУНКИ КОРОТКИХ ТРУБОПРОВІДІВ З УРАХУВАННЯМ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПОТОКУ**

Аналізуючи існуючі залежностей по розрахунку коротких напірних трубопроводів при турбулентному режимі було виявлено суттєві недоліки цих рекомендацій.

Запропонована фізична модель руху, яка пояснює процеси, що відбуваються на ділянці стабілізації після місцевих опорів і дозволяє встановити фактори, які впливають на її довжину.

Експерименти на трубах із різною шорсткістю та різною трубопровідною арматурою дали змогу проаналізувати зміну кінематичних характеристик на ділянці після опорів.

Дослідження показали, що у коротких трубах, довжина яких менша, ніж довжина ділянки стабілізації, виникають менші втрати напору, ніж при розрахунках за звичайною методикою, коли просто складаються втрати місцеві і по довжині.

Наведено залежності і графіки, що враховують взаємний вплив місцевих опорів у випадку їхнього розташування на відстані меншій, ніж ділянка стабілізації.

Запропоновані рекомендації дають змогу приймати більш обґрунтовані економічні рішення при проектуванні коротких напірних трубопроводів різноманітних водопровідних та меліоративних систем.

**Лариса САБЛІЙ**, д.т.н., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**Вероніка ЖУКОВА**, к.т.н., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**Людмила ЄПІШОВА**, КП «Харківводоканал»

## **ОЧИЩЕННЯ СОАПСТОКІВ ПІДПРИЄМСТВ ОЛІЙНО-ЖИРОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ ФІЗИКО-ХІМІЧНИМИ МЕТОДАМИ**

Виробничі стічні води олійно-жирової промисловості містять різноманітні забруднюючі речовини, які переходять в стічні води в процесі переробки соапстоків: жири і жирні кислоти та їх солі (водні розчини мил), гліцерин, фосфогліцериди, нейтральний жир, фосфатиди, білки, вуглеводи, забарвлюючі речовини (каротин, каротиноїди, хлорофіл та ін.), речовини, які не омилюються, та воскоподібні, солі - сульфат і хлорид натрію, механічні домішки та ін. Соапстоки мають складний і непостійний склад, який залежить від природи і властивостей його компонентів, кількості супутніх жирам речовин у ньому. У роботі запропоновано та досліджено дію на соапстоки реагентів-підлужувачів та коагулянту. Отримані результати дозволяють встановити раціональні дози реагентів для ефективного видалення забруднюючих речовин із соапстоків. У досліджуваній стічній воді концентрація органічних речовин за показником ХСК становила 40000 мг/дм<sup>3</sup>, низький показник рН 2, при якому спостерігається стабільність стану органічних забруднюючих речовин у воді

(відсутність піноутворення, осадоутворення). В якості реагентів-підлужувачів використовували розчини карбонату кальцію та гідроксиду натрію. Порівняння ефектів, отриманих при дії карбонату кальцію, порівняно з ефектами, отриманими з гідроксидом натрію, показали в 2,4-2,5 рази більшу ефективність за ХСК. Ефекти видалення завислих речовин і органічних речовин за ХСК при дозі сульфату алюмінію  $2 \text{ г/дм}^3$  становили, відповідно, 85,6% і 72% при забезпечення рН 5,5 за допомогою дії карбонату кальцію. Проте видалити органічні речовини до допустимих величин при скиданні у міську каналізацію в один ступінь очищення не представляється можливим. Тому, і після підлужування карбонатом кальцію, і після коагуляції сульфатом алюмінію пропонується використовувати флотаційний метод розділення фаз, наприклад, з використанням подачі повітря через пористі матеріали.

*Олександр КВАРТЕНКО, д.т.н., Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне*

*Ігор ПРИСЯЖНЮК, к.т.н., Рівненський державний гуманітарний університет*

### **ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД В БІОРЕАКТОРІ ЗА ДОПОМОГОЮ ФЕРОБАКТЕРІЙ**

Проведений моніторинг параметрів якості води у 90 населених пунктах восьми областей України дав можливість констатувати, що підземні води є складною багатокомпонентною системою, яка містить іони важких металів (ІВМ), легкоокиснювані органічні сполуки, гумінові кислоти, азот амонійні сполуки, феноли. Діючі станції знезалізнення за технологією спрощеної аерації-фільтрування не в змозі вилучати із води сполуки Fe(II) в присутності гумінових комплексів. Тому в сучасних умовах актуальним завданням є інтенсифікація їх роботи шляхом впровадження нових технологій, зокрема біотехнологій із розробкою відповідних математичних моделей.

Показано, що моделюванню кінетики процесів очищення підземних вод в біореакторах приділялося значно менше уваги ніж традиційним фізико-хімічним методам, для яких були розроблені сучасні математичні моделі. Тому розвиток напрямку моделювання біохімічного процесу очищення води від сполук заліза є актуальним завданням.

Метою роботи є розробка математичної моделі кінетики процесу очищення підземних залізовмісних вод в біореакторах. Це дає можливість отримати розподіл концентрацій бактерій, дво- та тривалентного заліза у контактному завантаженні біореактора для встановлення його оптимальних фізичних розмірів, спрогнозувати час його ефективної роботи між промивками.

Математична модель представлена задачею Коші для нелінійної системи диференціальних рівнянь в частинних похідних першого порядку. Система задачі Коші складається з п'яти рівнянь з п'ятьма невідомими функціями, які описують розподіл концентрацій катіонів феруму, бактерій а також матриксних структур в двох фазах (рухомій та іммобілізованій) як у просторі, так і у часі. В моделі враховано зворотний вплив характеристик процесу, зокрема концентрації

матриксних структур в міжпоровому просторі, а також характеристик середовища за допомогою коефіцієнтів масообміну та пористості. Модель дозволяє визначати оптимальний час роботи біореактора між промивками. Розроблена модель може бути модифікованою залежно від зміни зовнішніх параметрів якості природних вод. Зокрема при обробці слабокислих (рН=5,5-6,5), залізомістких ( $Fe^{2+} > 0,5$  мг/дм<sup>3</sup>) підземних вод із нормальним лужним резервом ( $L=2-4$  ммоль/дм<sup>3</sup>), концентрацією диоксиду вуглецю ( $CO_2 > 20$  мг/дм<sup>3</sup>) та незначним вмістом розчинених органічних речовин можливе застосування варіанту без додаткового джерела вуглецю. При обробці слабокислих підземних вод із низьким лужним резервом ( $L < 2,0$  ммоль/дм<sup>3</sup>) з аналогічними за варіантом (I) показниками якості води рекомендується застосовувати варіант моделі із додатковим джерелом вуглецю у вигляді розчину  $Na_2CO_3$ .

**Михайло БЕРЕЗНИЙ**, Київський національний університет будівництва і архітектури

**Олена ЖУКОВА**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

## **СТІК ТА ВИТРАТИ ВОДИ В РІЧКАХ**

Велика кількість досліджень була присвячена виявленню потенційних трендів величина витрати води в річках протягом ХХ століття в масштабах, що варіюються від водозбірного басейну до всієї Земної кулі. В результаті деяких досліджень виявлено значні тренди деяких показників річкового стоку, а інші продемонстрували статистично значні зв'язки Польщі з трендами температури і кількості опадів. Однак багато досліджень не виявили жодних трендів і не змогли відокремити наслідків коливань температури та кількості опадів від наслідків антропогенного на басейн. Методологія, яка використовувалася для виявлення трендів, також вплинула на результати.

Запаси прісної води на планеті, в першу чергу, поверхневих вод, на пряму пов'язані із кліматичними змінами. Зміни клімату спостерігаються у вигляді глобального потепління і визнаються усіма країнами. Питання про те, чи спостерігаються зміни клімату на планеті надалі залишаються дискусійними, хоча несподівані погодні зміни у деяких зонах насторожують. Із цими ще не остаточно вивченими явищами пов'язана кількість опадів, хмарність, площа снігового та льодового покриву, температурні зміни тощо, які, насамперед, впливають на природні і соціально-економічні системи. Тобто, незважаючи на величезні збитки науково-технічного прогресу, до теперішнього часу клімат значною мірою визначає ефективність господарської діяльності людини. Територія України не належить до найбільш вразливих до глобального потепління регіонів. В змінах кліматичних умов України простежуються загальні тенденції, які вказують на те, що найбільше підвищення температури спостерігається саме в холодний період року. За останні 20 років середня температура зросла майже на 2,5°C, а середня температура літнього періоду, за різними оцінками, зросла на 0,8-1,5°C, що стало причиною збільшення кількості спекотних днів. Збільшилася активність атмосферних процесів

на фоні контрастності температурного режиму відбулося збільшення інтенсивності процесу випадіння опадів. Зростання температури в Україні випереджає середні планетарні показники. Внаслідок цього відбувається фактичне зменшення зміщення природно-кліматичних зон на 100-150 км на північ.

Певні кореляції між температурою та опадами спостерігалися у багатьох регіонах. Цей факт свідчить про те, що процеси, які управляють гідрологічним циклом та температурою, тісно взаємопов'язані. У глобальному масштабі зміни кількості водної пари, хмар та льоду змінюють радіаційний баланс Землі, і, таким чином, грають важливу роль у формуванні реагування клімату на збільшення концентрації парникових газів.

Баланси поверхневих вод відображають наявність як води, і енергії. У районах, де води багато, процес регулюється властивостями як прикордонного шару атмосфери, так і рослинного покриву поверхні Землі. Зміни у балансі поверхневих вод можуть піддати кліматичну систему впливу зворотного зв'язку в результаті повернення води в прикордонний шар (замість того, щоб дозволити їй стекти або проникнути в глибокі шари ґрунту). Найбільш суттєві зміни відбуваються з температурним режимом річок (підвищення), із зростанням інтенсивності опадів відбуваються певні зміни та виникають більш тривалі періоди низького стоку, що сприяє виникненню або посиленню багатьох форм забруднення води, включаючи забруднення наносами, поживними речовинами, розчинним органічним вуглецем, пестицидами, патогенами, а також має місце сольове та теплове забруднення. Внаслідок забруднення гідро-екосистем відбувається гідрохімічні та гідробіологічні зміни.

**Сергій МАРТИНОВ**, д.т.н., Національний університет водного господарства та природокористування

**Алла ОРЛОВА**, к.т.н., Національний університет водного господарства та природокористування

## **ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ЗНЕЗАЛІЗНЕННЯ НИЗЬКОЛУЖНИХ ПІДЗЕМНИХ ВОД**

В сучасному світі загострюється проблема забезпечення людства якісною питною водою. За даними міжнародних організацій до 2025 року половина світового населення мешкатиме в районах з відчутним дефіцитом води. Одним з прав громадян, визначених головним законом України, є достатній життєвий рівень та екологічна безпека, що передбачає забезпечення якісною питною водою в необхідних обсягах та відповідно до встановлених нормативів щодо якості питної води. З цією метою Кабінет Міністрів України ухвалив концепцію державної цільової соціальної програми «Питна вода України» на 2022-2026 роки. Незадовільний стан якості води в Україні пов'язаний з моральним та фізичним зношенням основних фондів, недофінансуванням галузі водопостачання та водовідведення. В сільській місцевості ситуація ускладнюється браком кваліфікованих кадрів. Значна частина мешканців сільських населених пунктів для задоволення господарсько-питних потреб використовує воду підземних водоносних горизонтів, яка часто вміщує понаднормові концентрації загального заліза. Для знезалізнення води в малих

населених пунктах будувалися водоочисні споруди за типовими проєктами із застосуванням безреагентних методів. Практика експлуатації окремих очисних споруд показала їхню низьку ефективність роботи, що пов'язано з необґрунтованим застосуванням таких методів. Вдосконалення діючих схем підготовки води повинно здійснюватися з врахуванням особливостей фізико-хімічного складу води та використанням наявного водоочисного обладнання. Метою роботи є вдосконалення технологічної схеми знезалізнення води та підвищення якості фільтрату. Встановлено, що причина незадовільної роботи очисних споруд пов'язана з низькою лужністю підземної води. За результатами експериментальних досліджень обґрунтовані раціональні види підлужнювальних реагентів та їхні розрахункові дози, встановлені залежності зміни водневого показника від виду та дози реагентів, залишкові лужності води, ефективність знезалізнення води.

**Степан ЕПОЯН**, д.т.н, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

**Тамара АЙРАПЕТЯН**, к.т.н., Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

**Геннадій СУХОРУКОВ**, к.т.н, Харківський національний університет будівництва та архітектури

**Олександр ГАЙДУЧОК**, к.т.н, Харківський національний університет будівництва та архітектури

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

## **ДО ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗМІШУВАННЯ РЕАГЕНТІВ З ПРИРОДНОЮ ВОДОЮ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ УДОСКОНАЛЕНОГО ВИХРОВОГО ЗМІШУВАЧА**

До гідравлічних змішувачів відносяться і вихрові (вертикальні) змішувачі, які частіше використовуються на станціях очистки природних вод для господарсько-питних потреб населення міст. Недоліками відомих вихрових змішувачів є те, що вони недостатньо рівномірно розподіляють реагент по висоті змішувача, використовуються для змішування, як правило, одного реагента, не можуть регулювати інтенсивність змішування. Змішування відбувається тільки за рахунок зменшення швидкості руху води по висоті змішувача.

Для підвищення ефективності змішування реагентів з природною водою для отримання питної води нами запропоновано удосконалений вихровий змішувач, який відрізняється тим, що в вихровому змішувачі горизонтально розташовуються з'ємні пористі полімербетонні перегородки, а поперед них розосереджені трубчасті дірчасті системи подачі реагентів. Пористі перегородки підвищують ефективність змішування реагенту з вихідною водою за рахунок того, що змішування відбувається не тільки в об'ємі змішувача, а і в самій пористій перегородці, тому що порові канали мають покручену форму, яка з'єднує і роз'єднує порові канали між собою. Потoki вихідної води і розчин реагентів, які рухаються по поровим каналам зіштовхуються між собою, з'єднуються і роз'єднуються, що підвищує ефективність змішування

реагентів з природною водою, а рівномірний вихід природної води, яка змішана з реагентом з порових каналів пористої перегородки поліпшує розподіл потоку по перерізу змішувача. Обладнання вихрового змішувача пористими перегородками з розосередженими системами подачі реагентів дозволяє подавати реагенти у різні місця змішувача.

Дослідження показали, що ступінь освітлення води після удосконаленого вихрового змішувача на 24-28% вище ніж після традиційного вихрового змішувача.

**Валерій МАКАРЕНКО**, д.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Володимир ГОЦ**, д.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Тетяна ХОМУТЕЦЬКА**, д.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Юлія МАКАРЕНКО**, Медичний університет Манітобо, м.Вінніпег, Канада

**Тетяна АРГАТЕНКО**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Ірина ПРИБИТЬКО**, к.т.н., Національний університет «Чернігівська політехніка»

**Олена ПАНЧЕНКО**, Київський національний університет будівництва і архітектури

## **КАРБОНІЗАЦІЯ БЕТОНУ І КОРОЗІЯ АРМАТУРИ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІДЗЕМНИХ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ СИСТЕМ**

Вивчався процес карбонізації бетону з різним співвідношенням води до цементу (В/Ц) В а також досліджували вплив середовища на корозійні ушкодження арматури залізобетону. Наведені результати дослідження карбонізації бетону на спеціально приготовлених модельних зразках бетону розміром 250x250x250мм з терміном експозиції в розчині NACE на протязі 500 діб без зовнішнього навантаження. Виконані заміри корозійних ушкоджень арматурних стрижнів, які були розміщені всередині бетонних кубів. Методика оцінки величини карбонізації бетону і корозії арматури детально викладена у відомих наукових роботах. Отримані дані свідчать про активну карбонізацію бетону впродовж всього терміну експозиції зразків в розчині NACE, однак особливо значній за інтенсивністю карбонізації піддається бетон, приготовлений на співвідношенні В/Ц = 0,5 і 0,6. Меншою мірою піддається ушкодженням бетон із співвідношенням В/Ц = 0,7. Причому, аналогічна тенденція спостерігається й для корозії арматури. Це пояснюється тим, що збільшення водного середовища в бетонній масі полегшує дифузійні процеси доставки до реактивної зони хімічно-агресивних інгредієнтів, таких як вуглекислого газу, хлорид-іонів, водню, сірки, сульфат-іонів, різних видів бактерій тощо. Експериментально досліджена кінетика карбонізації бетону і корозії арматурних стрижнів в хімічно-агресивному середовищі NACE в залежності від терміну експозиції зразків в модельному розчині. Встановлено, що зі збільшенням водно-цементного відношення В/Ц від 0,5 до 0,7 різко зростає глибина карбонізації і

товщина шару корозійних продуктів. Експериментальним шляхом встановлено наводнення поверхневих шарів арматури та їх сильне окрихчення в процесі тривалої експлуатації арматури в структурі залізобетону, що спричиняє зниження тріщиностійкості в цілому залізобетонних конструкцій. Експериментально із залученням високоточного металографічного обладнання досліджена деградація арматурної сталі в процесі тривалої експлуатації в агресивних середовищах, що призводить до передчасних корозійних ушкоджень арматури з подальшим руйнуванням конструкції.

*Геннадій ЖУК, д.т.н., Інститут газу НАН України*

*Юрій ІВАНОВ, Інститут газу НАН України*

*Сергій КРУШНЕВИЧ, Інститут газу НАН України*

## **ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ БІОГАЗІВ**

Створені авторами наукові основи технології збору, підготовки та очищення біогазу (у т.ч. отриманого зі звалищ твердих побутових відходів) відкривають широкі можливості використання біоресурсів та відходів різноманітного походження України для виробництва палива, а отже, переходу до низьковуглецевої економіки (транспорту і енергетики зокрема), протидії змінам клімату. Досягнуто значних успіхів у виробленні електроенергії з біогазу, але не вирішена проблема заміщення продуктів викопних палив в транспортній галузі.

Для одержання біометану з біогазу найчастіше застосовують абсорбційні процеси. Найбільш поширеними у країнах ЄС є технології водної та амінової абсорбції. Порівняння питомих енергетичних витрат для виробництва біометану і транспортування його на заправні станції з використанням амінової та водної технологій очистки показує, що застосування амінової абсорбції дає вихід біометану до 15 % більше, чим водної. Використання цієї різниці в значній мірі компенсує витрати на регенерацію насиченого абсорбенту. Водна абсорбція потребує значної кількості води (негативний вплив на екологію, використання водних ресурсів). Окрім того, при потребі виробництва у товарній вуглекислоті аміновий процес забезпечує концентрацію CO<sub>2</sub> на виході з десорбера близько 98 % проти 80 % – при застосуванні водної абсорбції.

В Україні наразі 53 біогазові комплекси загальною потужністю більше 100 МВт, проте весь біогаз використовують для виробництва електроенергії завдяки пільговому «зеленому» тарифу 0.14 Євро/кВт-год., а власне біометанове виробництва в Україні відсутнє. Разом з тим, потенціал економічно доцільного виробництва біометану, за оцінками Міністерства аграрної політики, становить 2,5 млрд. м<sup>3</sup>/рік. Дослідження Біоенергетичної Асоціації України (БАУ) дають значно кращий ефект – 7,8 млрд. м<sup>3</sup>/рік. Розробка нової, енергоефективної технології дозволить знизити собівартість біометану та сприяти його використанню в економіці України.

Авторами розроблені принципові технологічні схеми виробництва біометану з біогазу, запропоновано ефективний абсорбент МДЕА мод, застосування якого знижує кількість циркулюючого абсорбенту та теплове навантаження в 1,5-2,5 рази



у порівнянні з використанням традиційних розчинів моноетаноламіну. Створена дослідна установка вилучення цільових фракцій біометану і діоксиду вуглецю з біогазу: досягнуто концентрації метану 95 % (об.) та діоксиду вуглецю 99 % (об.). Склад біометану відповідає вимогам чинних нормативних документів: Кодексу газотранспортної системи та Технічного регламенту на газ для споживачів.

За розробками Інституту газу впроваджено 7 проектів видобування та утилізації звалищного газу. На полігонах твердих побутових відходів за останній час видобуто більше 30 млн. м<sup>3</sup> біометану, яким заміщено мережевий природний газ, вироблено та поставлено споживачам більше 100 млн. кВт-год. електроенергії. За рахунок цього досягнуто зменшення викидів парникових газів в атмосферне повітря в обсязі не менше 500 тис. т (в перерахунку на вуглекислоту).

Практичний досвід, отримані результати багаторічних науково-технічних досліджень дозволили визначити перспективи виробництва в Україні біометану з газів органічного походження та його подальшого використання. Зрідження біометану дозволить розширити можливості його застосування відповідно зі світовими тенденціями, чим зменшить рівень «теплового забруднення» довкілля.

*Ірина ПЕФТЄВА, Київський національний університет будівництва та архітектури*

## **МЕХАНІЗМ УЛОВЛЕННЯ ПИЛУ В ТРУБАХ ВЕНТУРІ ТА ЙОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЗА ЙМОВІРНІСНИМ МЕТОДОМ**

Труби Вентурі, що широко використовуються для мокрої очистки газів від пилу, є простими за конструкцією та експлуатацією, швидкісними та високоефективними пристроями. За поясненням процесу як контакту пилинок та крапель розпиленої рідини з наступним збільшенням та уловленням конгломератів «крапля-пилинка» - стоять багатостадійні та багаторазові повторні фізичні процеси взаємодії крапель та пилинок при їх русі через конфузур, горловину та дифузур труби Вентурі.

Не має однозначного вирішення щодо розуміння ролі кожного конструктивного елемента та опису процесів, що в них відбуваються, а використання ймовірнісного підходу до оптимізації параметрів процесів та режимів в елементах труби Вентурі дозволяє оцінити ступінь їх впливу на загальну ефективність пиловловлення, визначити конструктивні характеристики та розміри.

Запропоновано використати ймовірнісний підхід до опису процесу уловлення в скруберах Вентурі. Цей метод дозволить обрати та врахувати найбільш впливові параметри та розробити математичну модель визначення ефективності та оптимізації параметрів пилоочищення в трубах Вентурі, деталізувати процеси взаємодії пилинок з рідиною у кожному елементі по довжині труби Вентурі, а також у повітропроводі за нею, акцентуючи увагу на найбільш значних її ділянках, за допомогою ймовірнісного методу моделювання масообмінних процесів; розглядати дифузур як місце продовження уловлення пилу, що дозволяє врахувати велику кількість параметрів процесу в кожному елементі труби. Наведено формулу для розрахунку ефективності уловлення пилу у дифузурі, що підвищує точність розрахунків загальної ефективності пиловловлення у скруберах Вентурі.

**Ігор САТІН**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури, ДП «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут міського господарства»

**Олена ПАНЧЕНКО**, ДП «Науково-дослідний та конструкторсько-технологічний інститут міського господарства»

### **УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ДОСЛІДЖЕННЯ МОРФОЛОГІЧНОГО СКЛАДУ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ З УРАХУВАННЯМ СТРАТИФІКАЦІЇ**

Вирішення проблеми управління побутовими відходами, насамперед, повинно базуватись на ґрунтовному натурному аналізі їх морфологічного складу. При чому важливо проводити дослідження як для міських, так і для сільських населених пунктів для отримання більш достовірних результатів.

Метою роботи є удосконалення методологічних підходів до визначення морфологічного складу побутових відходів. Із аналізу літературних даних встановлено, що відсутність в методології досліджень морфологічного складу твердих побутових відходів вимог до репрезентативності результатів дослідження, рівня похибки та єдиних підходів до плану проведення дослідження призводить до неможливості порівнювати між собою результати таких досліджень та знижує їх цінність. У представленій роботі застосовано новий підхід до визначення морфологічного складу побутових відходів. Проведення процесу натурального дослідження морфологічного складу у м. Суми відбувалось у 4 етапи: попередні дослідження, планування вибірки, проведення польових досліджень, оцінка результатів. На прикладі проведеного дослідження показано значимість використання вимог щодо статистичної достовірності результатів. Застосування такого підходу дозволяє уніфікувати результати дослідження та порівнювати окремі результати визначення морфологічного складу між населеними пунктами та за роками.

**Анатолій МАКАРОВ**, к.т.н., ПрАТ «Калинівський машинобудівний завод»

**Михайло СЕНЧУК**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Андрій ХОДОС**, голова наглядової ради ПрАТ «Калинівський машинобудівний завод»

**Михайло КИРІЄНКО**, заступник директора ПрАТ «Калинівський машинобудівний завод»

### **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ПРОМИСЛОВОГО ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ПОВІТРОНАГРІВАЧА**

Проаналізовано дві типові схеми нагрівання повітря у газомазутних повітрянагрівачах (теплогенераторах), конструктивна відмінність яких характеризується взаємним розташуванням жарової труби – камери згоряння та конвективної поверхні нагрівання ( димогарних труб ). Описано удосконалену конструктивну схему розробленого високотемпературного повітрянагрівача – теплогенератора з нагріванням повітря для технологічних процесів сушіння.

Відмічено основні технічні та експлуатаційні переваги прийнятої схеми нагрівання повітря, яка відрізняється високою економічністю і надійністю. Розглянуто нові технічні рішення в розробленій конструкції теплогенератора ТГ направлені на підвищення його ефективності та надійності за тривалої експлуатації. Обґрунтовано прийняття цих рішень на підставі лабораторних та розрахункових досліджень. Наведено схему вогневого стенду по вивченню процесу відводу тепла від теплонапружених поверхонь нагріву шляхом радіаційно-конвективної теплопередачі із застосуванням теплопоглинаючих екранів. Описано сконструйовані системи охолодження жарових труб теплогенераторів на підставі стендових досліджень та розробленої відповідної розрахункової моделі. Наведено розрахункові залежності зміни температури металу нагрітих стінок від швидкості повітряного потоку в одинарному каналі та від ширини подвійного повітряного каналу з теплопоглинаючим екраном. Показано результати розрахункових досліджень з метою оптимізації конвективної поверхні нагріву і вхідних ділянок димогарних труб у вигляді залежностей зміни: довжини конвективних пакетів залежно від швидкості димових газів; температури газів, металу стінок і повітря на початковій ділянці димогарних труб при різних варіантах її конфігурації. Реалізовано запатентовані технічні рішення в конструкціях промислово впроваджених високотемпературних повітрянагрівачів – газових теплогенераторів ТГ-0,95-200, ТГ-1,9-200 і ТГ-2,4-200 з температурою нагріву повітря 200 °С. Підтверджено їх високу економічність і надійність протягом багаторічної експлуатації в складі сушильних установок на підприємствах харчової промисловості України, Білорусії, Російської Федерації, Азербайджану, Узбекистану, Туркменістану, Киргизстану, Польщі.

**Олександр ШЕВЧЕНКО**, Київський національний університет будівництва і архітектури

**Тетяна ЦЬОМА**, Київський національний університет будівництва і архітектури

**Леся ВАСИЛЕНКО**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Юлія БЕРЕЗНИЦЬКА**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

## **ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ФОСФАТАМИ**

Забрудненню поверхневих вод фосфором сприяє надходження побутових стічних вод, що містять фосфати як компоненти синтетичних миючих засобів, фотореагентів та пом'якшувачів води. Важливим чинником також є змив фосфорних добрив та пестицидів із сільськогосподарських угідь, стоки тваринницьких ферм і промислових підприємств.

Фосфати потрапляють у поверхневі води різними шляхами, які розділяють на два джерела: точкові джерела (наприклад, промислові підприємства, авто мийні станції, очисні споруди підприємств житлово-комунального господарства) і дифузні джерела (наприклад, стоки із сільськогосподарських угідь).

У перенасиченої фосфатами воді водорості посилено розмножуються, і виділяють небезпечні токсини, які спалюють розчинений у воді кисень. В результаті починаються масові замори риби, а вода загниває.

Фосфатні пральні порошки в Україні містять в середньому 30% фосфатів, тобто на одне прання припадає 30–60 грам фосфатів, в той час як законодавством передбачено лише 0,5 грама.

Лише 1 грам фосфатів призводить до утворення 5–10 кг синьо-зелених водоростей, які в спекотну пору розкладаючись виділяють у великих кількостях аміак, метан, сірководень, що негативно впливають на стан водних ресурсів.

Вирішити проблему може лише прийняття законодавчого акту, згідно з яким використання фосфатовмісних мийних засобів в Україні було б повністю заборонено.

З позиції вирішення інженерних задач при розробці технологічних схем, методи видалення з води іонів важких металів конкретизуються за характером сил впливу на домішки: – хімічні методи; – фізико-хімічні методи; – фізичні методи, кожен з яких планується розглянути в дослідженнях.

За даними річних звітів в період з 2018 по 2020 **ПрАТ «АК «Київводоканал»** було зроблено дослідження, що найбільша кількість скиду важких металів стічними водами припадає на 2020 рік.

Враховуючи розповсюдженість фосфатів у навколишньому середовищі та специфіку їх впливу важким є дослідження з питань міграції та трансформації цих сполук в екосистемах різного рівня, що і стало метою наших досліджень. Подальша екологічна оцінка забруднення довкілля фосфатами та природоохоронні заходи щодо його запобігання планується здійснювати за такою схемою, що включають в себе наступні етапи: екологічний менеджмент, екологічний моніторинг, оцінка впливу на довкілля, а також як результат оптимізація природокористування.

***Іван СТЕФАНОВИЧ**, Київський національний університет будівництва і архітектури*

***Павло СТЕФАНОВИЧ**, Київський національний університет будівництва і архітектури*

## **ВИРОБНИЧІ РИЗИКИ, ЇХ ПРИЧИНА ТА КВАЛІФІКАЦІЯ**

В цьому виступі ми показуємо, що виробнича діяльність зазвичай відіграє визначальну роль у господарській діяльності промислових підприємств, водночас виступаючи як сполучна ланка між науково-дослідною сферою, що генерує потік науково-технічних досягнень щодо виробничих технологій, способів організації та управління виробництвом, технічних і споживчих характеристик вироблюваної продукції, а також сферою розподілу цієї продукції при доведенні її до кінцевого споживача. Отже, сфера виробництва є досить складною та просторою, що зумовлює можливість виникнення значної кількості ризиків, сутність, причини та види яких розглянуто в працях багатьох сучасних дослідників. При цьому можна виділити два основних підходи до розуміння природи виробничих ризиків.

В статті ми показали що можна віднести до екологічного ризику на молочному заводі «ROSHEN» і їх назвали: 1. Викид шкідливих речовин в атмосферу; 2. Забруднення оточуючих вод та ґрунтів; 3. Можливість загоряння робочих машин та ризик вибуху; 4. Технологічні аварії внаслідок некоректного поводження з машинами та речовинами (ризик непередбачуваної ситуації).

Для оцінки ризиків зазвичай використовувалися експертні методи. Врахували, що зменшення ризиків можливе шляхом покращення інформаційного забезпечення здійснюваних інновацій, залучення фахівців з найкращих науково-технічних центрів, провідних виробничих, інжинірингових, сервісних і консалтингових фірм, інтернаціоналізації технічно ризикованих проектів, залучення до них урядових та міжурядових організацій, що контролюють сфери науки, техніки, освіти, екології та ін.

Ми використали метод «прогнозованого графа». Суть його полягає в побудові на основі експертних оцінок і наступного аналізу моделі, складної мережі взаємозв'язків, які виникають під час розв'язування перспективних науково-технічних проблем. При цьому забезпечується можливість формування багатьох різних варіантів науково-технічного розвитку, кожний з яких у перспективі веде до досягнення мети розвитку прогнозованого об'єкта (галузі, сфери тощо). Проведений аналіз моделі дає змогу визначити оптимальні (за певними критеріями) шляхи досягнення мети.

На даний час в усьому світі зростає занепокоєння у зв'язку із збільшенням кількості надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру і все це вимагає аналізувати і оцінювати виробничий ризик, екологічний ризик як кількісної характеристики небезпеки для населення і навколишнього природного середовища від того чи іншого об'єкта підвищеної небезпеки, до їх управління. При цьому ризик має оцінюватися не тільки за нормальних умов безаварійної експлуатації, але й у разі реалізації аварій та катастроф із впливом на людей і довкілля. А для цього потрібно знати що таке ЕКОЛОГІЧНИЙ і ВИРОБНИЧИЙ ризик.

**Meryem YILMAZ**, Sakarya University, Turkey

**Nurtaç ÖZ**, Dr., Sakarya University, Turkey

**Ahmet ÇELEBI**, Ph.D. Sakarya University, Turkey

## **INVESTIGATION OF COLOR REMOVAL OF REAL TEXTILE INDUSTRY WASTEWATER IN MEMBRANE BIOREACTOR-ACTIVE CARBON SYSTEM**

The textile industry is an industry that consumes large amounts of water during production, contains various chemicals in its wastewater, conventional treatment methods are insufficient to reduce the wastewater pollution level, and has colloidal substances and color problems. Membrane bioreactor systems provide high efficiency in the treatment of textile wastewater and dyestuff removal. Removal of dyestuffs and turbidity in real textile wastewater by using a laboratory-scale membrane bioreactor system was studied. Chemical precipitation was not applied before the biological treatment for the removal of color and other pollutant parameters. A hollow fiber microfiltration membrane module was used in the system. Then a combination with an

active carbon filter was created to take the color removal to a higher level. The development of the microorganism composition adapted to the textile industry was observed in the biological reactor. The system was operated with an endless sludge age and a hydraulic retention time of 24 hours. Color measurement transparency index parameter DFZ (DurchsichtsFarbZahl) was measured in a spectrophotometer at wavelengths of 436, 525, and 620 nm (nanometers) according to EN ISO 7887 standards. In the microfiltration permeate water, the color removal at different wavelengths is 436 nm, respectively; 91-95%, 525 nm; 94-98%, 620 nm; It is 96-99%, and in activated carbon permeate water, the color removal at different wavelengths is 436 nm, respectively; 96-99% at 525 nm; 95-99%, 620 nm; has been 96-99%. Due to the physical separation of the membrane, which is the simplest definition, high efficiencies in color removal have been achieved in the system. The activated carbon system combined with the membrane was found higher efficiency in color removal than the microfiltration output.

**Олексій ПЕТРОЧЕНКО**, к.т.н., Інститут інноваційної освіти Київського національного університету будівництва і архітектури

## **ПРОТИПАВОДКОВІ ВОДОСХОВИЩА ТА ЇХ ІННОВАЦІЙНИЙ РОЗВИТОК**

Паводковий потік води у момент досягнення його витрати  $Q_p$  максимального значення  $Q_p^{\max}$  ( $Q_p \rightarrow Q_p^{\max}$ ) чинить у руслі річки та за її межами найбільш руйнівну (шкідливу) дію. В багатьох паводкових ситуаціях витрата води  $Q_p^{\max}$  значно перевищує гранично допустиму витрату води  $[Q_p]$  в річці. При цьому вода виходить з берегів та затоплює прилеглі території. Для зменшення максимального значення витрати води в руслі річки до гранично допустимої величини  $[Q_p]$  здійснюють заходи, завдяки яким на гідрографі паводку забезпечується «зрізання» пікової витрати води ( $Q_p^{\max} \rightarrow [Q_p]$ ). Для цього використовують протипаводкові водосховища, які будують перед зонами ризику затоплення територій. Розрізняють водосховища гірського і рівнинного (польдерного) типу.

Водосховища гірського типу споруджують шляхом перекриття греблями з водозливними спорудами русел гірських річок або річок, що проходять в глибоких каньйонах. Водосховища рівнинного типу споруджують за межами русел в заплавах або долинах річок. Ємності водосховищ рівнинного типу зазвичай огорожують земляними дамбами, а для їх наповнення та спорожнення будують водоприймальні та водозливні споруди.

Умовою забезпечення функціональної (захисної) здатності водосховища є:  $Q_p^{\max} - Q_v = Q_p \leq [Q_p]$ , де  $Q_v$  – витрата води, що наповнює водосховище.

Зазвичай у традиційних конструкціях протипаводкових водосховищ витрата води  $Q_v$  є нерегульованою, залежною від рівня води у водосховищі. За результатами проведених нами досліджень встановлено, що робоча ємність водосховища, яка закладається в основу проекту, буде суттєво залежати від режиму наповнення водосховища в період паводку. Найменший об'єм робочої ємності водосховища, а отже і найменша його будівельна вартість, з урахуванням умови (1) досягається шляхом регулювання витрати води  $Q_v$ , за яким витрата води в річці  $Q_p$  в період наповнення водосховища максимально наближується до

гранично допустимої витрати  $[Q_p]$ . Вказаний інноваційний принцип регулювання режиму наповнення ємності протипаводкових водосховищ покладений в основу створення низки нових конструктивних рішень протипаводкових водосховищ.

*Катерина МАЛАХІВСЬКА, Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Ірина КЛІМОВА, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

## **ВПЛИВ ТЕХНОГЕННИХ ФАКТОРІВ НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН М. БРОВАРИ**

Пріоритетним напрямом майбутнього розвитку України проголошено стратегію сталого розвитку, невід'ємною складовою якого є екологічна складова. Аналіз загального стану навколишнього природного середовища у місті показує, що в місті наявні екологічні ризики і проблеми щодо стану повітряного басейну, поверхневих водних об'єктів та підземних вод. За метеорологічними умовами м. Бровари відноситься до території з підвищеним потенціалом забруднення атмосферного повітря, несприятливими умовами розсіювання промислових викидів.

Стан атмосферного повітря в місті обумовлюється, впливом промислових підприємств, викидами транспортних засобів, теплогенеруючих об'єктів, об'єктів муніципальної інфраструктури. За даними 16 станцій спостережень стану атмосферного повітря були проаналізовані середньодобові, максимально разові концентрації шкідливих речовин в повітрі (діоксиду азоту, діоксиду пилу, чадного газу, дрібнодисперсного пилу). Виявлені найбільш небезпечні місця для перебування людей. Ще однією з основних несприятливих ситуацій є забруднення водного басейну недостатньо очищеними каналізаційними стоками у зв'язку з перевищенням проектних обсягів (майже в 1,5 рази) надходження каналізаційних стоків на очисні споруди. За результатами спостережень слід відмітити, що питна вода в громадських колодязях не відповідає нормованим показникам, крім підвищеного вмісту заліза, в деяких бюветах знайшли вміст нітратів, кишкову паличку. Відмічається проблема поводження з твердими побутовими відходами (взагалі відсутнє їх сортування) і відходами у приватному секторі (відсутнє вивезення листя і гілок, періодично вони спалюються), за межами міста утворюються стихійні звалища сміття, навіть і токсичного, які ще можуть і підпалюватися.

Основними напрямками зменшення надходження забруднюючих речовин від промислових підприємств в атмосферне повітря є, насамперед, жорсткий контроль за дотриманням обсягів викидів, передбачених в дозвільних документах промислових та теплогенеруючих підприємств, впровадження сучасних технологій очищення промислових викидів, дотримання підприємствами технологічних та технічних нормативів при здійсненні виробничої діяльності.

Зменшення шкідливих викидів від пересувних джерел можливе за рахунок збільшення використання неетильованого бензину, посилення контролю за

токсичністю відпрацьованих газів автомобільних двигунів, перенаправлення транзитного транспорту на об'їзні автошляхи

Підвищення рівня суспільної екологічної свідомості, удосконалення регіональної екологічної політики, впровадження новітніх технологій та енергоощадних заходів дозволить суттєво покращити екологічну ситуацію та підвищити рівень екологічної безпеки.

**Світлана ВЕЛИЧКО**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Олена ДУПЛЯК**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Тетяна КУРБАНОВА**, Київський національний університет будівництва і архітектури

## **ОЦІНКА СТІЙКІСТЬ ВЕРХОВОГО УКОСУ СУХОЇ ГІРСЬКОЇ ЄМНОСТІ ПРИ РІЗКИХ ЗМІНАХ РІВНЯ ВОДИ ПІД ЧАС ПАВОДКУ**

Захист від шкідливої дії вод є одним із пріоритетних напрямків успішного ведення господарської діяльності на територіях, які періодично потерпають від паводків. На території України – це є гірські райони Карпат. Для паводків на гірських річках притаманне повторення декілька разів на рік, яке характеризується раптовим підняттям рівня води з практично таким самим швидким пониженням рівня води. До активних заходів захисту від паводків відносяться протипаводкові сухі гірські ємності, принцип роботи яких полягає в трансформації частини стоку, і нетривале накопичення води в штучно створеному водосховищі, з наступним швидким спорожненням його до межених відміток. Під час проходження паводку в тілі греблі, що утворює протипаводкову ємність формується складний гідравлічний режим відмінний від роботи постійного водосховища. Проектування протипаводкових ґрунтових споруд здійснюється згідно нормативних документів, які розроблені для будівництва водосховищ з постійним напором води, та вимагають перевірки стійкості низового укосу для максимальних рівнів води в стаціонарних умовах та перевірки стійкості верхового укосу при пониженні рівня води від високого стаціонарного положення, що не відповідає реальним фільтраційним процесам в тілі греблі сухої ємності. Тому метою даної роботи є визначення необхідних граничних умов роботи сухої гірської ємності та оцінка стійкості верхового укосу методами граничної рівноваги. В роботі проведений аналіз роботи сухої гірської ємності та встановлено, що характерними для роботи греблі є два стани: суха ємність з рівнем води в межений період та змінне положення кривої фільтрації в ядрі та верховій призмі під час проходження паводку. Основними факторами, які впливають на стійкість верхового укосу є фізико-механічні властивості ґрунтів, закладання укосу, період стояння високого рівня води та інтенсивність зниження рівня води. Стійкість верхового укосу була оцінена методом Morgenstern & Price та Ordinary на програмному комплексі Slope/w. Під час проходження паводку коефіцієнт стійкості, розрахований методами граничної рівноваги, після 25 години



(період високого стояння рівнів води з наступним пониженням рівня води) почав падати, і досягнув мінімального значення в момент формування найбільших градієнтів кривої фільтрації 45-50 години. Розрахунки стійкості укусу методом граничної рівноваги були порівняні з результатами розрахунків виконаними методом SRM, який враховує напружено-деформований стан греблі, значення коефіцієнтів стійкості, визначені методом Ordinary, та характер зміни їх протягом проходження паводку майже співпадають, що свідчить про надійність отриманих результатів різними методами оцінки стійкості укусу.

**Svetlana ABU DEEB**, *Kyiv National University of Construction and Architecture*

**Tetiana TKACHENKO**, *Dr. Sci. (Engin.), Kyiv National University of Construction and Architecture*

### **DYNAMICS OF SOIL POLLUTION BY NITRATES AND ORGANOCHLORINE PESTICIDES ON THE TERRITORY OF AGROCENOCENOSES**

Soil is a very specific component of the biosphere that can not only accumulate pollutant components, but also serves as a natural buffer that controls the migration of chemical elements in the atmosphere, hydrosphere, and living matter.

Migration and redistribution of pesticides and nitrates in the soil profile is carried out by diffusion in the liquid and gas phases, capillary and gravitational movement of water, absorption and exudation by the root system of plants.

This work is a continuation of previously started studies. It discusses questions of influence nitrates and chlororganic pesticides on soil condition in Boguslav agroforestry Kiev region.

The territory of forest belts section under consideration agroforestry is located near the town line and is surrounded on all sides by fields, which are carried out by agriculture. Precisely this factor is crucial for the question of nitrates and pesticides, which are an essential part of growing crops.

To determine the content of nitrates and chlororganic pesticides in soils of forest belts were used chernozem samples that were collected at soil research station in the period 2008-2010, from the parent rocks and the upper humus horizon.

Determining of the nitrates and organochlorine pesticides content makes it possible to determine the contamination of the selected area of agricultural landscapes in accordance with the category of soil contamination.

It was found that the decomposition of nitrates and organochlorine pesticides in soils occurs exponentially. the dynamics of pesticide content in the soil showed that the factor of biological modification of the territory does not affect the rate of decomposition of pollutants.

It was proposed to assess the territory of pollution according to toxicological criteria, which allow to show the real rate and dynamics of pollution of the selected area.

**Олексій ТЕРНОВЦЕВ**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Олена ЗОРЯ**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Вікторія СТОЯНОВА**, Київський національний університет будівництва і архітектури

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНЕЗАЛІЗНЕННЯ ВОДИ ГАЛЬВАНОКОАГУЛЯЦІЄЮ**

Проблема очистки води стає все більш актуальною на фоні загального забруднення довкілля. Результати аналізу якості води в свердловинах, проведених в західних регіонах України, показали що тільки в 37% свердловин вода відповідає вимогам ДСТУ, а в 36% свердловин вміст заліза становить до 1 мг/л, а в деяких 5...10 мг/л і більше. Вміст заліза в підземних водах центральної частини України досягає 10 мг/л.

Завданням наших досліджень є вивчення процесу знезалізнення води з використанням методу гальванокоагуляції.

Метод гальванокоагуляції заснований на утворенні короткозамкнених гальванопар при дотику в електропровідному середовищі речовин з різними електрохімічними потенціалами. При цьому спостерігається катодне осадження катіонів металу, відновлення полівалентних аніонів, коагуляція забруднень реагентами, отриманими в результаті гальванопар. Для вивчення процесу знезалізнення води методом статичної гальванокоагуляції була розроблена лабораторна установка.

Установка включала ємність вихідної води, реактор-гальванокоагулятор, піщаний фільтр, з'єднувальні трубопроводи, запірні пристрої. Установка працювала таким чином. Вихідна вода з баку надходила в реактор-гальванокоагулятор, який представляє собою фільтр діаметром 8 см, висотою 30 см. Швидкість фільтрування досягала 20...30 м/год. Після обробки в реакторі вода надходила на механічний фільтр, завантажений крупнозернистим піском. Висота шару завантаження фільтру становила 80см, швидкість фільтрування 5...10 м/год.

В якості завантаження для гальванокоагулятора використовувалось комплексне завантаження до складу якого входило декілька компонентів. Для приготування модельного розчину використовувався сульфат заліза. Час контакту очищеної води з завантаженням 2...4 хв. Результати знезалізнення води з використанням гальванокоагуляції демонструють, що процес знезалізнення води на гальванокоагуляторі протікає впродовж 2-4 хв, ефект очистки складає 98...99%, величина рН зростає з 7,0 до 9...9,5.

Підсумовуючи сказане, вважаємо доцільним використовувати метод гальванокоагуляції для вилучення заліза з води.

*Григорій КРАСНЯНСЬКИЙ, к.ф.-м. н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Василь КЛАПЧЕНКО, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Ірина АЗНАУРЯН, Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Олег БЕСАРАБ, Київський національний університет будівництва і архітектури*

## **ЗАХОРОНЕННЯ ОСАДІВ ГАЛЬВАНІЧНИХ СТІЧНИХ ВОД У БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛАХ**

Важливість захоронення токсичних промислових відходів, що містять важкі метали, в даний час не викликає сумніву, причому невідкладність вирішення проблеми постійно зростає. Внаслідок того, що будівництво спеціальних полігонів зі знешкодження та захоронення таких відходів вимагає значних витрат, для їхнього захоронення використовують, зазвичай, відвали, що неприпустимо за діючими санітарними нормами і призводить до погіршення екологічної обстановки.

Одним із перспективних напрямів захоронення відходів є включення їх у вигляді добавок до складу будівельних матеріалів. Зазначений спосіб забезпечує більшу в порівнянні з об'ємними сховищами екологічну безпеку, у тому числі і стійкість в умовах катастроф. Нами розроблено технологічні рекомендації щодо утилізації осаду гальванічних стічних вод при виробництві бетонних виробів.

Фактором, що значною мірою визначає можливість утилізації осаду стічних вод при виробництві будівельних матеріалів, є їх відповідність гігієнічним вимогам, що ставляться до неорганічних відходів і матеріалів з їхніми добавками. На підставі проведених санітарно-хімічних досліджень встановлено, що бетон з добавками осаду гальваностоків у кількості до 2% може бути рекомендований до виробництва.

У той же час показано, що введення до 3% осаду гальваностоків в бетонну суміш не змінює основних будівельно-технічних характеристик бетону і, таким чином, може бути рекомендовано за даним критерієм як спосіб утилізації осаду.

Загалом сукупність результатів будівельно-технічних та санітарно-хімічних випробувань дозволяє рекомендувати до виробництва та застосування за призначенням бетонну суміш, що містить осад у кількості до 2% по сухій масі.

Осади стічних вод за гігієнічними вимогами доцільно додавати в бетон, призначений для виготовлення конструкцій, що не контактують безпосередньо з внутрішніми об'ємами приміщень. За будівельно-технічними властивостями бетон з добавками осаду повинен задовольняти всім вимогам ДСТУ на відповідний виріб.

За зазначеними критеріями осади гальваностоків можуть, зокрема, використовуватися під час виробництва бетону, призначеного для виготовлення залізобетонних плит для покриттів міських доріг. При цьому виконуються як гігієнічні, так і будівельно-технічні вимоги.

*Михайло БЕРЕЗНИЙ, Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Павло СЕГЕДА, Київський національний університет будівництва і архітектури*  
*Леся ВАСИЛЕНКО, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Юлія БЕРЕЗНИЦЬКА, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН КОНЦЕНТРАЦІЙ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН У РАЙОНАХ м. КИЄВА**

Один з основних видів забруднення атмосфери – автомобільний транспорт. У викидах автомобілів знаходяться такі шкідливі речовини як: угарний газ, окиси азоту, тверді частинки та летючі органічні з'єднання. На автотранспорт приходить 90% угарного газу, що взагалі викидається в атмосферу. Основна увага досліджень зосереджена на оцінці змін вмісту основних забруднюючих речовин в атмосферному повітрі міста Києва за 2019 р. та 2020 р.

В зв'язку зі зміною клімату швидкість випаровування поверхневих стічних вод збільшилась. До складу поверхневого стоку входять речовини, що визначаються технологічними процесами та викидами в атмосферу. Особливо високі концентрації шкідливих речовин характерні для територій промисловості та автомобільних доріг під час заторів (автовикид є одним з найтоксичніших викидів). Ступінь забруднення багато в чому залежить від екологічної культури підприємств.

На нашу думку, щоб вирішити проблеми забруднення повітря міста Києва повинні бути запроваджені наступні методи: очищення газових викидів підприємств і автотранспорту, використання фільтрів очищення, відновлюваних та екологічно чистих джерел енергії (вітру, води, Сонця), безвідходних технологій виробництва, зміни у веденні сільського господарства, озеленення населених пунктів і промислових центрів. Можна використовувати європейський досвід, а саме: запровадити екологічний податок на автомобілі, вік яких на час купівлі перевищив вісім років. Це спонукає купувати нові автівки, що завдають значно менше шкоди довкіллю; обмежити кількість автотранспорту на вулицях міста і єдиним шляхом цього обмеження є розвиток громадського транспорту, надання йому пріоритету перед іншими видами транспорту. Також необхідно звернути увагу на спалювання сухого листя. У повітря потрапляють продукти горіння так званий дрібнодисперсний пил, який ми не бачимо. Він осідає в наших легенях і сприяє розвитку захворювань дихальних шляхів людини. За словами медиків, ці частинки непомітно, потроху забивають легені, що дуже небезпечно. Необхідно компостувати листя для перегнивання природним шляхом та утворення біогумусу.

В результаті діяльності людини в повітрі поширюються отруйні гази, їдкий дим, частинки кіптяви і попелу. Дія шкідливих речовин, які потрапляють у повітря, посилюється їх взаємними реакціями між собою, метеоумовами, тривалим перебуванням їх в повітрі.

Забруднення повітря нашого міста — це проблема, яка торкається всіх мешканців, тому і вирішувати її необхідно нам усім, спільними зусиллями!

**Олексій ПЕТРОЧЕНКО**, к.т.н., Інститут інноваційної освіти Київського національного університету будівництва і архітектури

**Вячеслав ПЕТРОЧЕНКО**, к.т.н., Інститут водних проблем і меліорації НААН

**Олексій ХАРЛАМОВ**, к.т.н., Інститут водних проблем і меліорації НААН

## **ПАВОДКИ ЯК ГЛОБАЛЬНА ПРОБЛЕМА ЛЮДСЬКОЇ ЦИВІЛІЗАЦІЇ**

Життєдіяльність людини тісно пов'язана з водними ресурсами. Вода є важливим елементом багатьох фізіологічних процесів живих організмів та їх найбільшим структурним компонентом, який становить 75-90% маси організмів. У сфері виробництва і господарської діяльності важко знайти технологічний процес, в якому б не використовувалась вода. Проте вода, що є основним джерелом життя на Землі, за певних обставин створює для людства серйозну загрозу. Серед інших стихійних лих на Землі перше місце за кількістю людських жертв та розміру економічних і екологічних збитків займають паводки – гідрологічні лиха глобального масштабу.

Паводки супроводжують людське суспільство з найдавніших часів і до наших днів. Тому їх слід розглядати як історичну категорію. В усьому світі поширено легенди про великий потоп. За результатами досліджень істориків, археологів, біологів та етнографів було встановлено, що на межі четвертого та третього тисячоліття до нашої ери у Месопотамії відбулися грандіозні паводки, які призвели до загибелі майже всіх жителів долини. Припускається, що один з цих паводків, про який йдеться в шумерській легенді, став підставою для розповіді про всесвітній потоп у Старому Заповіті.

Проблема паводків торкнулася майже кожної країни світу, але найбільш руйнівними були паводки в Китаї. Історію Китаю від феодальних династій до наших днів можна без перебільшення назвати історією боротьби з паводками.

До наших днів дійшли відомості про катастрофічні розливи р. Хуанхе в 2297 році до нашої ери. Одним з найбільших гідрологічних катастроф на Землі вважається паводок 1332 року на р. Хуанхе, внаслідок якого загинуло 7 млн. чоловік. Також великий паводок в Китаї стався восени 1887 року, коли було затоплено 11 міст і 300 сіл, загинуло понад 2 млн. чоловік. А в серпні 1931 року, в результаті сильних затяжних дощів найдовша і повноводна ріка Китаю Янцзи і сусідня з нею р. Хуанхе одночасно вийшли з берегів і затопили понад 300 тисяч гектарів родючих земель. Паводок забрав 3,7 мільйона людських життів, 40 мільйонів чоловік постраждали від голоду, розрухи, хвороб. З 12 червня по 30 серпня 1998 року в Китаї сталося 13 паводків, які торкнулися майже всієї території країни. Від них постраждало 240 млн. чоловік, тобто в 6 разів більше, ніж зараз проживає в Україні.

Встановлено, що частота, руйнівна дія та розмір збитків від паводків в усіх країнах світу з роками збільшуються. Так у найбільш паводконебезпечному Карпатському регіоні України середньорічні збитки від паводків у 1995-1998 роках становили більше 900 млн. гривень, у 1999-2007 роках – понад 1,5 млрд. гривень, у 2008-2010 роках – близько 6 млрд. гривень. Загальні збитки від паводку, що відбувся в 20-х числах червня 2020 року внаслідок проходження інтенсивних грозових дощів та значного підвищення водності в річках Дністер, Прут, Черемош,

Бистриця, оцінили на суму 3-4 млрд. гривень. Пік цього паводку вважають найбільшим в історії Західної України за останні 60 років.

Проблема паводків глобальна та багатокритеріальна. Найбільш важливим етапом рішення цієї проблеми є вибір концепції захисту від паводків. Нами виділено та проаналізовано два принципово відмінних типи протипаводкового захисту – які ґрунтуються на концепції ситуаційного і концепції превентивного захисту. Ситуаційний протипаводковий захист здійснюють в період наближення, проходження та закінчення паводку. Превентивний протипаводковий захист передбачає будівництво гідротехнічних протипаводкових споруд та комплексних інженерних систем захисту. Концепція превентивного протипаводкового захисту більш ефективна, вона має перспективу радикального рішення проблеми паводків.

**Вікторія КОНОВАЛЮК**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Юрій ФРАНЧУК**, Київський національний університет будівництва і архітектури

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГАЗУ ВІД ЙОГО ТИСКУ В ПОБУТОВИХ ГАЗОВИХ ПЛИТАХ**

В мережах газопостачання низького тиску величина тиску, що подається на пальники побутового газового обладнання, змінюється в залежності від відстані до газорегуляторного пункту.

Ця зміна відбувається в діапазоні від 3000 до 1200 Па. Згідно вимог Правил безпеки систем газопостачання мінімальний тиск подачі газу у найбільш віддаленого споживача повинен бути не менше 700 Па. Але при цьому тиску газові прилади будуть працювати вкрай неефективно.

В системі газопостачання України одночасно працюють газові прилади вітчизняного виробництва, при виготовленні яких враховані чинні в нашій країні вимоги до параметрів газу, і прилади, що виготовлені в країнах Європейського союзу, де вимоги до характеристик газу дещо інші. Перші прилади для забезпечення оптимального процесу горіння потребують тиск 1200-1300 Па, а другі – 2000-2500 Па. Тобто, допустимий мінімальний тиск в розподільній мережі може бути втричі нижчий, ніж це потребує газове обладнання.

Також на ефективність горіння впливає склад газу, число Воббе, густина, теплота згоряння, тощо. На більшість показників газу на рівні газопостачальної організації вплинути неможливо. Тому регулювання тиску залишається основним чинником, здатним фактично вплинути на ефективність спалювання газу.

Проведено дослідження змін витрат газу і часу спалювання при нагріванні фіксованого обсягу рідини при різних тисках. Дослідження проводились на побутових газових плитах різних виробників. Діапазон зміни тиску становив від 1800 до 2600 Па.

Визначені коефіцієнти зміни ефективності використання газу ( $\delta$ ) при роботі приладів в залежності від тиску перед пальниками.

На підставі аналізу отриманих результатів оптимальним визначено тиск на рівні 2400 Па. При цьому найменша ефективність спостерігалась при тиску 1800 Па (відхилення до 40%), при тисках 2000 і 2500 Па в середньому відхилення склало 20%.

Також виконаний аналіз залежності витрати газу від інтенсивності його спалювання при сталому тиску на різних конфорках. Визначено, що при використанні конфорки найменшої потужності об'єм спожитого газу зменшується в 1,3 рази при збільшенні часу нагрівання приблизно в 2 рази порівняно з конфоркою підвищеної потужності.

*Олександр КРАВЧЕНКО, д.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури, Інститут комунальної інфраструктури*

### **СТОСОВНО НЕОБХІДНОСТІ УДОСКОНАЛЕННЯ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ І ВОДОВІДВЕДЕННЯ**

Системи централізованого водопостачання і водовідведення відносяться до найбільш капіталоємних, а тому їх реконструкція в сучасних економічних реаліях можлива лише за умови залученні коштів міжнародних фінансових організацій. Проте, не зважаючи на те, що Світовий банк, ЄІБ, ЄБРР та інші давно присутні на українському ринку, реальний позитивний досвід реалізації сумісних проєктів залишається скоріше виключенням, ніж правилом.

Не в останню чергу процеси будівництва і реконструкції об'єктів водопостачання і водовідведення стримуються недосконалим вітчизняним законодавством і, зокрема, нормативною будівельною документацією. Це стосується як загальних підходів до проєктування будівництва (приміром, необхідність затвердження експертизою загального кошторисного розрахунку унеможлиблює застосування «Жовтої книги FIDIC»), так і специфічних для галузі.

Чинні на сьогоднішній день ДБН В.2.5-74:2013 та ДБН В.2.5-75:2013 потребують суттєвого перегляду. Це зумовлено наступними причинами:

- вказані документи носять директивний характер, в той час як гармонізація з Європейськими стандартами потребує переходу до параметричного проєктування;
- ДБН В.2.5-74:2013 не враховує особливостей джерел водопостачання і, зокрема, національні стандарти щодо їх якості, натомість використовуючи радянські підходи до підбору технологій;
- вказані у ДБН В.2.5-74:2013 технології не забезпечують гарантованого досягнення вимог чинного ДСанПіН 2.2.4.171-10 з відповідними змінами для всіх джерел водопостачання України;
- підходи для розрахунку трубопроводів і підбору насосів призводять до прийняття завищених показників, натомість реальні дані, отримані по результатах гідравлічних розрахунків, ігноруються;
- у ДБН В.2.5 - 75 :2013 практично не описані вакуумні мережі водовідведення;
- недостатньо описані сучасні методи обробки стічних вод та утворених осадів.

В умовах постійного збільшення активності залучення коштів міжнародних донорів у сектор житлово-комунального господарства і, зокрема, у сферу водопостачання та водовідведення, нормативна документація не повинна бути

стримуючим фактором для проектування та реалізації проектів. Частково це питання вирішується наданням дозволу на використання документів «по правилах фінансового донора» або отриманням відхилень від ДБН. Але, безумовно, така ситуація не може існувати довго.

Зараз відбувається процес прийняття змін до ДСанПіН 2.2.4.171-10, а найближчим часом, можливо, буде також прийнятий Закон України «Про водовідведення стічних вод населених пунктів». Звичайно, що внесення змін до ДБН до завершення цих процесів є недоцільним, але вже сьогодні треба бути готовими до цих процесів. Тим більше, що, приміром, перехід на параметричне проектування передбачає принципову зміну парадигми цих документів.

***Антоніна САВЧЕНКО**, Київський національний університет будівництва і архітектури*

## **МІМІНІЗАЦІЯ ВПЛИВУ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗИ НА ЕКОЛОГІЮ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ НОРМ ЗЕЛЕНОГО БУДІВНИЦТВА**

Будівельна галузь створює ряд екологічних проблем, які яскраво виражені в населених пунктах, особливо в містах з інтенсивною інфраструктурою. Екологічний стан міст можна віднести до глобальних екологічних проблем людства. Прагнення знизити вплив на екологію спонукає шукати шляхи удосконалення, інноваційні методи, новітні технології, безпечні для екології та здоров'я людей будівельні матеріали. Сучасні тенденції впровадження норм зеленого будівництва є перспективними для подолання екологічної кризи міст, і дають змогу знизити вплив будівельної галузі на стан навколишнього середовища.

Для прискорення темпу впровадження аспектів зеленого будівництва необхідно провести імплементацію європейських екологічних норм в законодавство України. Запровадження на законодавчому рівні обов'язкової екологічної сертифікації будівель (починаючи з новобудов) є одним із найважливіших кроків в цьому напрямку. За основу можна обрати вже популярні і перевірені часом британська система міжнародної сертифікації BREEAM, або рейтингова система для енергоефективних і екологічно чистих будівель LEED (Leadership in Energy and Environmental Design, США), або аспекти сталого будівництва DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen, Німеччина). Звичайно ж Україна може розробити і власну систему оцінювання, скориставшись передовим світовим досвідом. Однак, без впровадження обов'язкової сертифікації за критеріями: екологічний менеджмент, енергоефективність, вода, безпечне середовище (освітлення, шумоізоляція, вентиляція), відходи (рециклізація та екологічна утилізація), транспорт, землекористування, неможливо досягти зниження впливу будівельної галузі на екологію населених пунктів. Лідерами в застосуванні зелених технологій в будівництві є Німеччина, Швеція, Фінляндія, Польща.



**Олена ПАНОВА**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Ян КОРМІЛІЦИН**, Київський національний університет будівництва і архітектури

**Діана ЖЕРЕБЧУК**, Київський національний університет будівництва і архітектури

## **ЕКРАНУЮЧІ ВЛАСТИВОСТІ НОВІТНІХ ПОКРИТТІВ ВЛАСНОГО ВИРОБНИЦТВА**

В наш час захист від негативного впливу електромагнітних полів техногенного походження екрануванням використовується все частіше. В рамках переходу на міжнародні стандарти у різних галузях будівництва при виготовленні сучасних облицювальних та оздоблювальних матеріалів найбільш перспективними та затребуваними є будівельні матеріали що мають екрануючі властивості. Зменшення товщини екрануючого покриття будівельного матеріалу заради зменшення маси не завжди доцільне і іноді не відповідає державними та міжнародними санітарним нормам. Теоретичні та математичні прогнозування демонструють зменшення витрат на створення субстанції екрануючого матеріалу, і загалом, знижують загальну кількість потрібних вимірювань для підтвердження їх досконалості. Представлена в статті методика дає змогу орієнтовно прогнозувати захисні властивості субстанції в залежності від параметрів полів, які потребують екранування. Метою дослідження є виготовлення новітніх покриттів композиційних структур для прогнозування захисних властивостей будівельних матеріалів у широкому частотному діапазоні. Методи і методика дослідження - вдосконалення розроблення нового екрануючого матеріалу шляхом виготовлення металополімерного матеріалу для екранування фізичних полів та розроблення технології підвищення рівномірності розподілу екрануючих частинок у шарах полімерного матеріалу, запобігання злипанню частинок та підвищення їх дисперсності.

**Roman HLUSHCHENKO**, Kyiv National University of Construction and Architecture

**Tetiana TKACHENKO**, Dr. Sci. (Engin.), Kyiv National University of Construction and Architecture

**Viktor MILEIKOVSKIY**, Dr. Sci. (Engin.), Kyiv National University of Construction and Architecture

**Adam UJMA**, Dr, eng., Politechnika Częstochowska, Częstochowa, Poland

## **EFFECTIVE DRAINAGE OF RAINWATER FROM ROADS BY RAIN GARDENS-STRIPS IN THE CONCEPT OF THE CITY-SPONGE**

Today there is a problem of flooding urban areas with rainwater and their slow discharge into sewage and further into distribution collectors. Therefore, this problem was analyzed on the example of Kyiv, Ukraine. Looking at global trends, more and more cities are moving to "smart" management of rainwater. There are several ways to ensure the resilience of residential areas to heavy rains. One of the current methods is roofs with "green" plantings. Take any roof (flat or sloping) as a basis, develop the corresponding

project with special plantings which are capable to absorb water. Some quantity of the water is absorbed by the plants, a certain amount of water remains in the ground, and the rest is filtered by the layers of the structure under the plants. Thus, after the first level of rainfall through of the «green» constructions, their number decreases significantly. Much more time is spent on passing through all layers that decrease speed of its receipt to system of drains of the building. Another method is to collect rainwater in special storage tanks, which are on the roof or in the soil construction on the adjacent territory. The accumulated water is used for household needs: watering lawns, washing, flushing toilets, washing floors, cleaning sidewalks, etc. The third method is based on the concept of "sponge city", which today has an advantage over the rapid management of rainwater by engineering means. The concept is in the absorption of water and its diverted by natural biological means: permeable surfaces, relief with a slope, natural vegetation, green structures and rain gardens, etc. The authors propose a method of rapid drainage of rainwater using special "green structures" - rain garden strips along the roadways. The ability to capture water by rain gardens-strips on the example of the city of Kyiv in case of the strongest observed precipitation is confirmed. At the same time, rain gardens-strips occupy only 11% of the road width. In addition, the proposed rain gardens with green trees can function as a continuous protective function due to the aeration of the kinetic energy of cars that bounce during an accident.

**Борис БАСОК**, д.т.н., чл.-кор. НАН України, Інститут технічної теплофізики НАН України

**Борис ДАВИДЕНКО**, д.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України

**Володимир НОВИКОВ**, к.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України

**Світлана ГОНЧАРУК**, к.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України

**Лілія КУЖЕЛЬ**, к.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України

**Оксана ЛИСЕНКО**, к.т.н. Інститут технічної теплофізики НАН України

## **ЧИСЕЛЬНА МОДЕЛЬ ПЕРЕНЕСЕННЯ ТЕПЛОТИ В ПОРИСТОМУ СЕРЕДОВИЩІ ПРИ РОБОТІ ВЕРТИКАЛЬНОГО ҐРУНТОВОГО ТЕПЛООБМІННИКА**

Теплові насоси широко застосовуються для вилучення низькопотенціальної теплоти з ґрунтових масивів. Ця теплота використовується для автономного опалення та гарячого водопостачання будівель різного призначення. Важливим елементом таких установок є ґрунтовий теплообмінник, ефективність роботи якого в значній мірі визначає працездатність теплонасосної установки. Однією з важливих умов ефективної роботи ґрунтового теплообмінника є раціональний вибір його конструкційних і режимних параметрів. Їх оптимальні значення можуть бути отримані на основі результатів чисельного моделювання процесів перенесення теплоти в ґрунтових масивах. Чисельним дослідженням температурних режимів ґрунтових теплообмінників для теплонасосних систем присвячено значну кількість наукових праць. Але в переважній більшості з них ґрунт вважається суцільним середовищем, в якому перенесення теплоти відбувається лише шляхом теплопровідності. В дійсності ґрунт є пористим середовищем, пори якого можуть бути заповнені повітрям та рідиною. При наявності в ґрунтовому масиві градієнтів

тиску або температури може відбуватися фільтраційний рух середовища, що заповнює пори. Фільтраційний рух рідини або повітря сприяє додатковому конвекційному перенесенню теплоти в ґрунтовому масиві при роботі ґрунтового теплообмінника. Отже мета даного дослідження полягає у визначенні впливу фільтраційних властивостей ґрунту, як пористого середовища, на характеристики роботи ґрунтових теплообмінних пристроїв.

Для з'ясування цього питання побудовано чисельну модель перенесення теплоти в ґрунтовому масиві при роботі вертикального U - подібного теплообмінника, що враховує вільноконвекційний фільтраційний рух рідкого середовища в порах ґрунту. Математична модель включає систему рівнянь динаміки рідини в пористому середовищі, рівняння енергії для ґрунтового масиву та рівняння енергії для потоку теплоносія в теплообміннику. Система рівнянь розв'язується методом скінчених різниць.

Як приклад розглядаються теплові характеристики вертикального U - подібного ґрунтового теплообмінника, що працює в переривчастому періодичному режимі. Визначаються розподіли по об'єму ґрунтового масиву температури і швидкості середовища, що заповнює пори. Показано, що за умов, які розглядаються, швидкість конвекційного руху середовища має порядок  $10^{-6}$  м/с. Ефективність роботи теплообмінника оцінюється за різницею між температурами теплоносія на виході та на вході в теплообмінник. Показано, що ця ефективність вища за умов заповнення пор водою, ніж у випадку заповнення пор повітрям. Визначено також, що на ефективність роботи теплообмінника впливає пористість ґрунту та розмір його частинок. Показано, що більший обсяг вилученої теплоти забезпечується при меншому розмірі частинок і меншій пористості.

**Анна МОСКВІТІНА**, Київський національний університет будівництва та архітектури

**Марія ШИШИНА**, Київський національний університет будівництва та архітектури

## **ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНИХ ЗАХОДІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОДАЛЬШОЇ НАДІЙНОЇ І БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СОФІЙСЬКОГО СОБОРУ**

Під збереженням об'єкта культурної спадщини маються на увазі заходи, спрямовані на забезпечення фізичної безпеки та збереження історико-культурної цінності об'єкта культурної спадщини, що передбачають консервацію, ремонт, реставрацію, пристосування об'єкта культурної спадщини для сучасного використання та включають науково-дослідні, вишукувальні, проектні роботи, наукове керівництво проведенням робіт із збереження об'єкта культурної спадщини, технічний та авторський нагляд за проведенням цих робіт. Для збереження п'ятки архітектури необхідно дотримуватись нормативних мікрокліматичних умов в приміщеннях. Встановлено, що до цих факторів відносяться: надлишкова теплота, яка шкідлива для предметів зберігання та настінного живопису в першу чергу як фактор підсилення впливу відносної вологості, оскільки надлишок теплоти

(підвищена температура повітря) інтенсифікує процеси волого обміну матеріалів із навколишнім середовищем та може надмірно пересушувати поверхні; надлишкова волога - під дією сконденсованої вологи, навіть коли немає підсосу вологи по всій стіні, можливе відставання і руйнування фарбового шару через порушення зв'язку між окремими частинками штукатурки, також на вологій основі можуть створюватись осередки мікроорганізмів, які руйнують основу і деформують живописний шар; забрудненість повітря – тверді частки, що містяться в повітрі створюють поверхневе забруднення та сприятливі умови для дії інших агресивних чинників; світловий режим – термічний вплив світла на експонати призводить до прискорення процесів їх старіння; біологічна безпека музейних колекцій та приміщень є складовою частиною єдиної екологічної проблеми зберігання музейних цінностей. Створено наближену фізико-матичну модель процесу повітрообміну в центральному об'ємі Софійського Собору для перевірки дотримання температурно-вологісного режиму повітряного середовища об'єкту, а також визначення критичної кількості відвідувачів, які можуть знаходитись в приміщенні одночасно. Проведено моделювання процесів повітрообміну при роботі існуючої системи вентиляції при різних умовах. На основі цих даних розроблено принципи ефективного керування параметрами повітряного середовища, за наявного інженерного обладнання Собору, з визначенням критеріїв комфортності та дискомфортності при функціональному використанні пам'ятки.

*Ілона АНДРЮЩЕНКО, Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Юлія БЕРЕЗНИЦЬКА, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Леся ВАСИЛЕНКО, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

## **ОЦІНКА ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Природно-заповідний фонд України (ПЗФ) є національним надбанням народу України та невід'ємною частиною Всесвітньої природної та культурної спадщини. Екологічні системи та окремі об'єкти, що входять до їхнього складу, забезпечують не тільки збереження унікальних природних ландшафтів та біологічного різноманіття країни, а й сприяють сталому екологічному розвитку навколишнього природного середовища. Саме тому території та об'єкти ПЗФ виступають ключовими елементами у національній екологічній мережі.

Чинним законодавством України природно-заповідний фонд охороняється як національне надбання, щодо нього встановлюється особливий режим охорони, відтворення і використання. Україна розглядає цей фонд як складову світової системи природних територій та об'єктів, що перебувають під особливою охороною. Для гарантування екологічної стійкості будь-якого регіону необхідно, щоб частка заповідних територій становила не менше 10–15 % їхньої загальної площі. За даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України станом на 1 січня 2021 року відношення фактичної площі природно-заповідного фонду до площі

держави («показник заповідності») складає 6,8%. По Кіровоградській області цей показник становить 4,08% від загальної площі області, що є чи найменшим значенням серед усіх областей.

Об'єкти природно-заповідного фонду займають площу 100318,84 га, серед яких загальнодержавного значення 0,24% (5909,8 га) і місцевого значення – 3,88% (94409,04 га). Це пов'язано із тим, що на території області відсутні природні та біосферні заповідники і національні природні парки, які складають основну частину заповідних територій загальнодержавного значення.

У структурі Кіровоградської області найбільшу площу займають регіональні ландшафтні парки – 78757 га (78,5%), заказники загальнодержавного значення – 5728 га (5,7%) та місцевого значення – 12818,92 га (12,8%), заповідні урочища – 3212,09 га (3,2%), дендрологічні парки – 109 га (0,1%), пам'ятки природи загальнодержавного значення – 9,1 га (0,009%) та місцевого значення – 525,48 (0,5%), парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення – 63,7 га (0,06%) та місцевого значення – 107,75 га (0,1%).

Спостерігається значне відставання розвитку системи територій і об'єктів природно-заповідного фонду порівняно з європейськими країнами. Недосконалість існуючої законодавчої бази, відсутність чітко визначеної стратегії розвитку заповідної справи й недосконалість системи управління нею, недостатнє фінансове та матеріально-технічне забезпечення установ ПЗФ, відсутність єдиної системи оплати праці, соціальних гарантій і пільг для їхніх працівників, низький рівень екологічної освіти та інформованості населення зумовлюють загрозу нецільового використання й втрати територій та об'єктів природно-заповідного фонду.

**Наталія ДЮЖИЛОВА**, к.т.н., Рада зеленого будівництва в Україні, ТОВ «Аерок»  
**Світлана ПЕРМИНОВА**, Центр екологічної сертифікації та маркування ВГО  
«Жива планета»

**Іван ПРОКОПЕНКО**, Київський національний університет будівництва та архітектури

**Марина КРИГЕР**, Київський національний університет будівництва та архітектури

## **ЯК БУДУВАТИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТА ЗЕЛЕНІ ШКОЛИ В УКРАЇНІ**

Розроблені методичні рекомендації для замовників будівництва дитячих навчальних закладів згідно з ДБН В.2.2-3 задля досягнення більш кращих показників енергоефективності будівель та поліпшення їх екологічних характеристик. Будівельна галузь відрізняється високою енерго- і ресурсоємністю та впливом на довкілля на всіх етапах життєвого циклу: добування сировини, виробництва будматеріалів і виробів, зведення і комплектації будівель, їх експлуатації, обслуговування і демонтажу по завершенню терміну служби. 40% глобальних викидів парникових газів та обсягів відходів що утворюються є наслідками будівельної діяльності. На будівлі припадає 40% споживання первинних енергоресурсів ЄС, яке за розрахунками Єврокомісії, в разі впровадження економічно ефективних заходів – може бути знижено на 30 %, в зв'язку з чим

Європейській Зеленій Курс (ЄЗК) визначає пріоритетність політики підвищення енергетичної та екологічної ефективності в будівельному секторі та сприяння збільшенню ринку енергоефективного і сталого, зеленого будівництва та формування попиту на будівельні матеріали і вироби з поліпшеними екологічними характеристиками. ЄЗК є дорожньою картою заходів, які перетворять Євросоюз на ефективну, стійку та конкурентоспроможну економіку, визначать засоби перетворення Європи на перший у світі кліматично нейтральний континент до 2050 року, стимулюючи розвиток економіки, покращення здоров'я та якості життя людей, а також трансформують кліматичні та екологічні виклики на можливості у всіх сферах та політиках ЄС, гарантуючи справедливий та інклюзивний характер зеленого переходу. Листом Прем'єр-міністра України Д. Шмигала від 13 серпня 2020 року на адресу Першого віце-президента ЄК Ф. Тіммерманса було передано позиційний документ щодо Учасі України у Європейському зеленому курсі. Критерії енергоефективного, зеленого і стійкого будівництва визначаються добровільними стандартами. Застосування таких стандартів можуть доповнювати вимоги ДБН В.2.2-3 більш кращими показниками енерго- і ресурсозбереження, безпеки та поліпшених екологічними характеристиками щодо життєвого циклу об'єкта будування, що відповідає вимогам статей 23, 29 Закону України «Про публічні закупівлі». Такий підхід дозволить поліпшити ефективність закупівлі, заощаджувати на експлуатаційних витратах та створити більш здорове і комфортне середовище для навчання.

**Володимир ГОЦУЛЕНКО**, д.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України  
**Олександр НЕДБАЙЛО**, д.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України  
**Світлана ГОНЧАРУК**, к.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України  
**Оксана ЛИСЕНКО**, к.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України  
**Ігор БОЖКО**, к.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України

## **КОМПЛЕКСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІКИ, ТЕПЛООБМІНУ ТА ЯВИЩ НЕСТІЙКОСТІ ПОТОКУ ТЕПЛОНОСІЯ В СИСТЕМАХ КЛІМАТИЗАЦІЇ БУДИНКУ 0-ЕНЕРГІЇ**

З метою розроблення науково-обґрунтованої методики аналізу процесів теплообміну та гідродинаміки теплоносія в окремих контурах систем кліматизації сучасних енергоефективних будівель різних типів та призначення (в тому числі будівель пасивного типу, «0-енергії» та ін.) щодо оптимізації їх експлуатаційних режимів та унеможливлення виникнення явищ нестійкості потоку теплоносія в окремих гідравлічних контурах були науково обґрунтовані основні режими використання таких системи, а також проаналізовані основні технічні особливості різних варіантів теплообмінного обладнання: опалювальних приладів різної конструкції, ґрунтових теплообмінників – джерел теплоти для теплового насоса, а також геотермальних теплообмінників і опалювальних контурів, як складових системи рекуперативної вентиляції. При цьому наведені параметри теплового режиму лабораторних приміщень експериментального енергоефективного будинку пасивного типу під час експлуатації системи теплозабезпечення.

Актуальність проблеми підвищення ефективності роботи джерел теплоти є

безперечним аргументом при розробці нових теплогенеруючих пристроїв та модернізації існуючих. Традиційні методи як підвищення потужності пального пристрою, застосування палива з підвищеним тепловиділенням при згоранні, збільшення поверхні теплопередачі і тому подібне не завжди здійсненні і найчастіше є високовитратними. В даний час у багатьох країнах ведуться інтенсивні дослідження в галузі проектування та впровадження в технологічні процеси теплоенергетичних установок на основі пульсуючого (вібраційного) горіння, зокрема котлів пульсуючого горіння. Дані котли мають ряд переваг, такі як інтенсифікація горіння, покращення теплопередачі та зниження площі теплообміну, зменшення шкідливих викидів тощо, що забезпечують їхню привабливість у теплоенергетичному секторі ринку. Однак широке впровадження пристроїв пульсуючого горіння в технологічні процеси стримується відсутністю надійної теорії робочого процесу для розрахунку конструктивних параметрів при їх проектуванні та врахування явищ нестійкості. Було проведено літературний огляд такого роду теплоенергетичного обладнання. А також розроблені алгоритми побудови періодичних розв'язків нелінійних динамічних систем з постійним та змінним запізнюючими аргументами, що були використані для здійснення керування термоакустичними коливаннями та вібраційним горінням

Крім того, створено макет для візуалізації процесу горіння різного типу пелетного палива в пальнику, що дає можливість візуально контролювати процес горіння та корегувати умови згорання за допомогою зовнішнього впливу (зміни температури підігріву пелет, додатковий піддув повітря в камеру згорання), що визначає необхідні умови керування нестійким процесом згорання пелетного палива.

**Борис БАСОК**, д.т.н., чл.-кор. НАН України, Інститут технічної теплофізики НАН України

**Борис ДАВИДЕНКО**, д.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України

**Лілія КУЖЕЛЬ**, к.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України

**Володимир НОВІКОВ**, к.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України

## **ДОСЛІДЖЕННЯ КОНВЕКТИВНОЇ СКЛАДОВОЇ ТЕПЛООБМІНУ У ВУЗЬКОМУ КАНАЛІ МІЖСКЛЯНОГО ПРОСТОРУ У СУЧАСНИХ СКЛОПАКЕТАХ**

Актуальність досліджень теплових режимів сучасних склопакетів обумовлена необхідністю підвищення енергетичної ефективності житлових та громадських будівель. Зниження споживання енергії у будівлях – основний резерв економії енергоресурсів у житлово-комунальному господарстві. Відомо, що заміна старих віконних конструкцій на сучасні склопакети підвищує енергоефективність будівлі на 20 - 30%. Тому збільшення термічного опору світлопрозорих конструкцій, що займають значну частину фасадів будівель та споруд, є актуальним завданням будівельної теплофізики.

Процес теплопередачі через сучасні віконні конструкції, одно- або двокамерні склопакети, відбувається при одночасній дії конвекції, радіації та теплопровідності. Причому не можна сказати, що певний вид теплообміну переважає над іншими. У

зв'язку з цим в роботі у двовимірній постановці проведено чисельне дослідження конвективного руху повітря у вузькому каналі міжскляного простору центральної частини однокамерного склопакета з метою визначення умов підвищення термічного опору віконних конструкцій в цілому.

Показано, що циклічний режим перебігу повітря у вигляді висхідного та низхідного граничних шарів біля внутрішніх поверхонь скла за певних умов залежить від ширини каналу, поперечного градієнта температури, кута нахилу та висоти каналу, втрачає стійкість і переходить у вихровий режим за типом осередків Релея – Бенара що істотно впливає на термічний опір склопакету. Чисельне моделювання дозволило встановити значення термічного опору центральної частини однокамерного склопакета залежно від ширини, кута нахилу та поперечного градієнта температури склопакета. Дослідження дозволили встановити інтервал критичних значень числа Релея ( $Ra$ ),  $6,07 \cdot 10^3 < Ra < 6,7 \cdot 10^3$ , при яких настає зміна режиму течії повітря в міжскляному просторі склопакета. Також показано, що значення термічного опору, розрахованого за одновимірними алгоритмами, від 8 до 24% відрізняються від відповідних значень, одержаних у двовимірній постановці.

**Юлія ТАРАБАНОВА**, Київський національний університет будівництва і архітектури

**Леся ВАСИЛЕНКО**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Юлія БЕРЕЗНИЦЬКА**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

## **ҐРУНТОВІ РЕСУРСИ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ: СУЧАСНИЙ СТАН, ПРОБЛЕМИ ДЕГРАДАЦІЇ ТА ОХОРОНА**

Територія Херсонської області характеризується надзвичайно продуктивними ґрунтовими ресурсами. Екстенсивне ведення господарства, значне техногенне навантаження спричинили розвиток деструктивних процесів, які суттєво погіршили властивості ґрунтів області. Незважаючи на велику кількість праць, присвячених дослідженню українського ґрунтознавства, необхідно констатувати, що недостатньо вивчені питання формування ґрунтів Херсонщини, їх морфологічні особливості та підвищення ефективності їх використання.

Метою роботи є визначення факторів та умов утворення ґрунтів області, характеристика ґрунтових ресурсів основних природно-сільськогосподарських районів, аналіз характерних деградаційних процесів, а також викладення власного бачення щодо визначення заходів з охорони родючості ґрунтів області.

Встановлено, що за ґрунтовими та природно-кліматичними критеріями Херсонська область умовно поділяється на сім основних природно-сільськогосподарських районів. Найпоширенішими типами ґрунтів є чорноземи південні малогумусні, темно-каштанові залишково солонцюваті суглинкові ґрунти.

З'ясовано, що одна з головних проблем землекористування в області - деградація ґрунтів, що є результатом невідповідності використання ґрунтів вимогам



раціонального природокористування. Основними проблемами використання земельних ресурсів Херсонщини є розораність сільськогосподарських угідь; дегуміфікація ґрунтів, виснаження земельних ресурсів; ерозія ґрунтів; осолонцювання, погіршення агрофізичних і водно-фізичних властивостей ґрунтів.

Оптимальні заходи підтримки унікального ґрунтового покриву області - зменшення розораності; нормування механічного навантаження; мінімізація технологій обробітку; новітні ґрунтозахисні технології; удосконалення структури сівозмін; мульчування поверхні ґрунту рослинними залишками. А також контроль за дотриманням державної політики у сфері охорони земель.

**Віталій ПЕТРАШ**, д.т.н., Одеська державна академія будівництва та архітектури

**Дмитро БАСИСТ**, к.т.н, КП «БУДОВА»

**Еліна ГЕРАСКІНА**, к.т.н., Одеська державна академія будівництва та архітектури

## **ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ОСНОВІ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ГІДРАВЛІЧНОЇ ТА ТЕПЛОВОЇ СТІЙКОСТІ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ**

В останні роки в зарубіжній та вітчизняній практиці знаходять виправдані за енергоекономічними та функціональними умовами рішення, які передбачають устрій технічних поверхів для розміщення елементів інженерних систем, як в висотних будівлях, так і підвищеної поверховості до 55 м. Закономірно, що розміщення теплообмінників на цілком певному рівні по висоті будівлі здатне знизити і навіть виключити дію головного чинника вертикального гідравлічного розрегулювання, при якому досягається мінімізація результативної дії гравітаційного тиску в циркуляційному контурі системи опалення. При цьому очевидна енергетична та економічна доцільність застосування створюваних систем з «середньою розводкою» розподільних та збірних магістралей, які розміщуються на рівні теплоджерела.

Актуальність дослідження направлена на подальше підвищення ефективності роботи систем на основі вдосконалення узагальненого поняття теплогідравлічних процесів, які базуються на поглибленні сутності та взаємозв'язку гідравлічної і теплової стійкості, як в традиційних, так і в сучасних автоматизованих системах водяного опалення багатопверхових будинків.

Згідно залежностей теплової та гідравлічної стійкості системи та її потужності в вигляді загального теплового потоку нагрівальних приладів отримано ірраціональне рівняння встановленого виду. На його основі проаналізована графічна інтерпретація взаємозв'язку зазначених показників в системах опалення багатопверхових будівель, що актуально для сучасного будівництва будинків з технічними поверхами.

Нове технічне рішення з проміжним розміщенням джерела теплоти мінімізує гравітаційний тиск, в результаті підвищується вертикальна гідравлічна стійкість системи, а відповідно зменшується змінна частина надлишкового тиску на засоби

автоматики. Отримана нова залежність у вигляді ірраціонального рівняння, яким встановлено взаємозв'язок теплової та гідравлічної стійкості.

**Олена ГИЖА**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Юрій КОПАНИЦЯ**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Оксана НЕЧИПОР**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Нестан ТАВАРТКІЛАДЗЕ**, Київський національний університет будівництва і архітектури

## **УНІВЕРСАЛЬНИЙ ВЕБ-ІНТЕРФЕЙС ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНОЇ ГЛИБИНИ У ВІДКРИТИХ РУСЛАХ**

Дослідження та розрахунки нерівномірного руху дуже важливі з практичної точки зору та мають певні особливості для різних станів потоку, аналізі форм кривих вільної поверхні, а також проектуванні багатьох гідротехнічних споруд. У доповіді представлено варіанти викладення навчального матеріалу у вигляді типового прикладу розрахунку із урахуванням сучасного світового досвіду.

Сучасний тренд розвитку технологій у навчальному процесі базується на Інтернет комунікаціях й мобільних мікропроцесорних гаджетах із відповідним програмним забезпеченням та використанням всього стеку інтернет протоколів й технологій. Типова задача визначення критичної глибини у відкритих руслах обрана прикладом реалізації й впровадження сучасного веб-інтерфейсу у навчальному процесі.

Для ілюстрації сучасних трендов використання технологій у навчальному процесі розглянуто приклад іноземного підручника із технічної дисципліни. Сучасний підручник має реалізацію навчального матеріалу у двох стандартних форматах. Два типу цифрового формату: звичайний "pdf" формат та інтерфейс он-лайн доступу до чотирьох тисяч стандартних індивідуальних задач із он-лайн відповідями та рішеннями.

В роботі представлено варіанти веб-інтерфейсу із інтерактивною формою вводу вихідних даних, які моделюють практично необмежену кількість індивідуальних завдань для даного типу задачі. Два типи інтерактивного он-лайн інтерфейсу забезпечують розрахунки: окремої ітерації чисельного алгоритму та повний цикл розрахунків із позначенням ізоляції корня та рекомендаціями щодо обрання нових вихідних даних. Навчальний юзабіліті інтерфейс виводить числові данні рішення. Паралельно задіяно кольорове позначення діапазонів рішення.

Он-лайн задачу запрограмовано із використанням CGI форм за технологією клієнт-серверної архітектури. Ввод даних користувача перевіряється на відповідність припустимого діапазону величин та формат даних. Задіяна технологія дозволяє представляти елементи чисельних розрахунків інженерної задачі, генерувати відповідь на чисельну кількість навчальних індивідуальних задач. Студенти мають необмежений відкритий доступ до навчальних матеріалів із

елементами моделювання різних початкових умов задачі й відповіді для будь-якого набору навчальних вихідних даних.

Проект впровадження навчальних он-лайн інтерфейсів спроектовано із урахуванням використанням веб-аналітики й знаходиться у неперервному розвитку. Планується додаткове розширення представлення навчального матеріалу за рахунок реалізації інтерактивних елементів паралельного доступу до аудіо, відео, SVG форматів. Паралельно із інструментальними технологіями Google analytics задіяно зворотній зв'язок у вигляді он-лайн форм опитування.

**Анастасія СНИТКО**, Київський національний університет будівництва та архітектури

**Микола МОНАСТИРЬОВ**, Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля

**Геннадій КОЧЕТОВ**, д.т.н., Київський національний університет будівництва та архітектури

**Дмитро САМЧЕНКО**, к.т.н., Київський національний університет будівництва та архітектури

## **ОЧИСТКА ПРОМИСЛОВИХ СТИЧНИХ ВОД НАНОСОРБЕНТОМ, ЯКИЙ СИНТЕЗОВАНО МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНОГО ДИСПЕРГУВАННЯ**

Досліджено перспективи реалізації новітніх сорбційних технологій очистки стічних вод для підвищення екологічної безпеки промислових підприємств. Проведено аналіз ефективності застосування існуючих методів сорбційної очистки промислових стічних вод, які містять сполуки важких металів. Розроблено новий метод синтезу високоефективних магнітних сорбентів з розмірами гранул 10 - 500 нм полівалентних оксидів феруму шляхом електроерозійного диспергування. Вивчено вплив співвідношення концентрації іонів  $Zn^{2+}$  до наносорбенту в розчині, а також досліджено різних методів введення сорбенту в стічну воду на ступінь її очистки. Найкращі результати з очистки води були досягнуті із застосуванням свіжовиготовленого порошку електроерозійного диспергування заліза у воді у вигляді суспензії при співвідношенні концентрації іонів  $Zn^{2+}$  до порошку наносорбенту 1:10. Показано що при таких умовах забезпечується ступінь вилучення іонів  $Zn^{2+}$  98 %, а отриманий очищений розчин відповідає нормативам води для промивки деталей на гальванічному виробництві щодо вмісту іонів цинку. Використання результатів дослідження на підприємствах дозволить запобігти забрудненню довкілля токсичними важкими металами, змінити застарілі технології, забезпечити ефективне і раціональне використання води та енергії в системі промислового виробництва. В результаті запропонованої сорбційної очистки промивних стічних вод гальванічних виробництв отримано хімічно стійкі відходи, які мають феромагнітні властивості та можуть корисно утилізовані в товарних продуктах.

**Тетяна КУБА**, Київський національний університет будівництва і архітектури

**Олександр КРАВЧЕНКО**, д.т.н., Київський національний університет  
будівництва і архітектури

## **СУЧАСНІ МЕТОДИ ЗНЕЗАЛІЗНЕННЯ ВОДИ ТА ШЛЯХИ ЇХ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ**

У практиці питного водопостачання в Україні часто використовуються підземні води. До найпоширеніших забруднювачів таких вод відносяться сполуки заліза, вміст яких може коливатися у досить широких межах від 0,5 до 20 мг/дм<sup>3</sup>. При цьому залізо у підземній воді зазвичай знаходиться у розчинній формі Fe<sup>2+</sup>. Згідно основного нормативного документу до якості питної води - ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» вміст заліза встановлений на рівні 0,2 мг/дм<sup>3</sup>.

За результатами проведеного всебічного аналізу інформаційних джерел, окреслено основні методи очищення води від заліза. В цілому їх можна розділити на реагентні, такі як хімічне окиснення і фільтрування, флоатація, вапнування і подальша фільтрація, застосування коагулянтів (флокулянтів) з наступним відстоюванням і фільтрацією, фільтрування крізь катіонообмінні матеріали тощо та безреагентні методи, що включають спрощену аерацію з фільтруванням, суху фільтрацію, електрокоагуляцію, глибоку аерацію з відстоюванням і фільтруванням. Вибір методу очищення в основному залежить від умов конкретного об'єкту і, зокрема, якості вихідної води.

У системах водопостачання України розповсюджена спрощена аерація, яка є найбільш вивченим і дешевим методом. При її реалізації вихідна вода насичується киснем повітря з подальшим фільтруванням через зернисте фільтруюче завантаження. При цьому Fe (II) окиснюється до Fe (III), гідролізує з утворенням нерозчинного осаду гідроксидних сполук заліза, який затримується у товщі фільтруючого завантаження. На початку процесу на фільтруючому матеріалі утворюється особлива плівка, що сприяє інтенсифікації процесу знезалізнення (каталітично інтенсифікує окиснення).

Конструкція споруд для спрощеної аерації залежить від продуктивності та вмісту заліза у воді. Споруди та установки можуть застосовуватися як за напірною, так і безнапірною схемами. При безнапірній схемі вихідна вода перед подачею на фільтри розпилюється через дірчасті трубопроводи, саме під час контакту води з повітрям відбувається насичення її киснем. Дана схема застосовується при вмісті заліза у воді до 10 мг/дм<sup>3</sup>. При напірній схемі вода перед подачею на фільтри насичується повітрям під тиском; цей метод зазвичай використовується при концентрації заліза до 5 мг/дм<sup>3</sup>.

Як фільтруюче завантаження можуть використовуватися різні зернисті матеріали як природного, так і синтетичного походження. Найбільші поширені завантаження з кварцового піску, цеоліту, гранітного щебню, антрациту та ін.

В останні роки доведено, що при знезалізненні підземних вод, окрім достатньо вивченого хімічного процесу, значну роль відіграють мікроорганізми, що розвиваються у завантаженні швидких фільтрів. При цьому показано, що за певних умов можна значно підвищити ефективність біологічного процесу і таким чином інтенсифікувати знезалізнення води як за глибиною очищення води від заліза, так і за тривалістю фільтроциклу. Однак цей метод, потребує подальшого вивчення,

особливо у напрямку спільного використання каталітичних властивостей завантаження і особливостей мікроорганізмів. Крім того, подальшого удосконалення потребують конструкції для ефективної реалізації біотехнологічного методу очищення води від заліза.

Саме цей напрям є перспективним для подальших досліджень.

**Юрій ЧОВНЮК**, *д.т.н., Київський національний університет будівництва та архітектури*

**Анна МОСКВІТІНА**, *Київський національний університет будівництва та архітектури*

**Ірина ПЕФТЄВА**, *Київський національний університет будівництва та архітектури*

### **ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ІНТЕГРАЛЬНИХ СПІВВІДНОШЕНЬ ДЛЯ АНАЛІТИЧНОГО РОЗВ'ЯЗКУ ГІПЕРБОЛІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ.**

Вивчення процесів нестационарної теплопровідності, розрахунок параметрів середовищ в умовах нестационарної теплопровідності останніх є важливим напрямом, який використовується в прикладних задачах тепломасообміну. При розв'язуванні математичної моделі за різних граничних умов виникає проблема надійності чисельних розрахунків, тому виникає потреба розв'язувати математичну модель аналітичним методом. Наприклад, методом функції Гріна аналітично розв'язується математична модель процесів тепломасообміну в теплоаккумуляторі під час його заряджання та розрядження, аналогічно розв'язується математична модель процесів нагріву теплоносія в сонячних колекторах. Конкретне визначення функції Гріна відповідає конкретній задачі математичної фізики. Функція Гріна містить повну інформацію про рівняння, яке досліджується, і за її допомогою можна побудувати розв'язок будь-якої неоднорідності. Запропоновано розвиток методу функцій Гріна для розв'язування крайових задач нестационарної теплопровідності узагальненого типу на основі закону Максвелла-Каттанео-Ликова. На основі введеної функції Гріна диференціального рівняння визначено функцію Гріна крайової задачі. Функція Гріна крайової задачі розглядається як елемент множини функцій Гріна рівняння або системи рівнянь. Граничні умови формулюються відповідно до зазначеного закону. При розгляді конкретних задач у ряді випадків доцільно інтегральну форму запису крайових умов другого або третього роду перевести в диференціальну, рівносильну інтегральній. Запропоновані інтегральні співвідношення для аналітичних розв'язків крайових задач нестационарної теплопровідності для рівнянь гіперболічного типу. Наведено необхідні та достатні умови існування та єдиності функції Гріна крайової задачі та дано її аналітичне представлення в термінах фундаментальної системи розв'язків та граничних умов. Сформульовано граничні умови для гіперболічних моделей теплопровідності в інтегральній та диференціальній формах. Розглянуто граничні задачі для напівнескінченної області, отримано аналітичні рішення, проведено їх аналіз та розраховано стрибки температури на фронті теплової хвилі. Розглянуті

ілюстративні задачі для напівнескінченної області й описані область теплового сліду й незбурана область.

*Вадим КОРБУТ, д.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Ярослав ЛУЧИЦЬКИЙ, Київський національний університет будівництва і архітектури*

## **АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СХЕМ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ РЕЖИМАМИ РОБОТИ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ**

Основним видом управління системами вентиляції та кондиціонування повітря є автоматизоване управління, технічна сутність якого полягає в централізації управління процесами нагріву, охолодження, зволоження повітря для приміщення, що обслуговується, при забезпеченні автоматичного захисту від розвитку аварії в разі виникнення аварійних ситуацій. В сучасних вимогах до автоматизованих систем вентиляції та кондиціонування повітря містяться дві суперечливих умови: перше – простота і надійність експлуатації, друге – висока якість функціонування. Вибір схеми та рівня автоматизації систем в залежності від заданого режиму роботи і можливості регулювання окремих елементів і системи в цілому в оптимальному режимі є актуальним завданням на сьогоднішній час. Для якісного ведення будь-якого технологічного процесу необхідний контроль за декількома характерними величинами, так званими параметрами процесу. В результаті контролю необхідно встановити, чи задовольняє фактичний стан (властивість) об'єкта контролю заданим технологічним вимогам. Спостереження за параметрами систем здійснюється за допомогою вимірювальних приладів. Сукупність пристроїв, за допомогою яких виконуються операції автоматичного контролю, називається системою автоматичного контролю. В сучасних умовах в основному використовуються електричні засоби вимірювань. Контроль над роботою механізмів здійснюється встановленими на них спеціальними датчиками. Це дозволяє оператору управляти системою віддалено з єдиного центру, що не контактує з кожним приладом безпосередньо. Для контролю системам вентиляції та кондиціонування встановлюється комплекс датчиків, які збирають інформацію з вентиляційних механізмів і передають її на монітор центру управління. Група сенсорних датчиків займається збором інформації про навколишнє середовище (температуру, тиск, вологість і тд.), а також про стан вентиляційних агрегатів. Інформація збирається в пресостатах, термостатах, гідростатах – ці елементи контролю встановлюються в вузлових точках систем і при досягненні заданих програмою робочих параметрів приладів або довілля з'єднують або роз'єднують контакти, запускаючи або зупиняючи механізми. Таким чином, підтримується оптимальний режим. Регулятори обробляють отримані відомості – це регулятори обертів і частотні перетворювачі. Порівнюючи показання сенсорів між собою і з закладеними в програмі управління нормами, вони коригують роботу системи відключенням або підключенням відповідних функцій, що забезпечують виконавчі механізми. Регулятори оборотів встановлюються для обслуговування вентиляторів

і можуть контролювати як один, так і цілу їх групу. За допомогою частотних перетворювачів проводяться безпечні запуски двигунів, потужність яких при цьому не обмежена. Але найважливіша функція перетворювачів - регулювання швидкості обертання двигуна за допомогою змінюються частот напруги живлення. Це забезпечує плавне регулювання швидкісного режиму, не впливаючи на механічні характеристики. Процес такого регулювання викликає мінімальну втрату потужності.

*Дмитро ПАХОМОВ, Київський національний університет будівництва та архітектури*

*Геннадій КОЧЕТОВ, д.т.н., Київський національний університет будівництва та архітектури*

*Дмитро САМЧЕНКО, к.т.н., Київський національний університет будівництва та архітектури*

### **ФЕРИТИЗАЦІЙНА ОЧИСТКА СТИЧНИХ ВОД ВІД СПОЛУК ХРОМУ (VI) З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕРМІЧНОЇ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ІМПУЛЬСНОЇ АКТИВАЦІЇ**

Розглядаються питання, що пов'язані з перспективою впровадження новітніх технологій, спрямованих на досягнення енергоефективності в сфері водопостачання, ресурсозбереження в матеріалоємних процесах на промислових підприємствах та запобігання забруднення довкілля. Проведено дослідження феритизаційної очистки стічних вод від сполук хрому, які відносяться до першого класу небезпеки. Порівняно ефективність застосування термічної та електромагнітної імпульсної активації процесу. Створено відповідні експериментальні установки та вивчені основні параметри процесу очистки: співвідношення іонів заліза (II) та хрому (VI), силу магнітного поля, частоту електромагнітних імпульсів, тривалість процесу феритизації, температуру та рН реакційної суміші.

Досліджено та науково обґрунтовано доцільність використання електромагнітної імпульсної активації реакційної суміші шляхом пропускання електромагнітних імпульсів крізь реакційну суміш. Визначено раціональні значення сили та частоти електромагнітного поля, які складають 0,14 Тл та 1 Гц відповідно, а також співвідношення концентрацій іонів важких металів при використанні такого способу активації. Показано, що очищена вода відповідає вимогам 1 категорії при повторному використанні її на виробництві. Результати рентгеноструктурного аналізу осадів феритизації засвідчили, що стійкі кристалічні фази, такі як ферити хрому та магнетит, утворюються при збільшенні сили магнітного поля. Хімічна стійкість осадів дає змогу безпечно їх утилізувати. Встановлено, цей метод електромагнітної імпульсної активації не поступається термічному, а проведені техніко-економічні розрахунки підтвердили значне здешевлення промислових витрат при його застосуванні.

**Олександр ШАПОВАЛ**, Київський національний університет будівництва і архітектури

**Наталія ЧЕПУРНА**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

## **ЕФЕКТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛООВОГО НАСОСА ТИПУ «ПОВІТРЯ-ПОВІТРЯ» ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ ОФІСНОЇ БУДІВЛІ**

Використання теплових насосів типу «повітря-повітря» є досить актуальним питанням, тому що раціональне використання енергетичних ресурсів є важливою проблемою на даний момент. При роботі повітряних теплових насосів в якості нижнього джерела енергії використовується атмосферне повітря, що дозволяє використовувати поновлювану енергію з навколишнього середовища. Використання такої системи є економічно доцільним, адже таке джерело енергії є безкоштовним. За рахунок високих коефіцієнтів перетворення (EER, COP) досягається максимальна економічність та зменшується негативний вплив на довкілля.

На даний момент використання теплових насосів для офісних будівель значно збільшується, перспективним є дослідження роботи даних систем при від'ємних температурах зовнішнього середовища та підвищення їх ефективності.

В даній роботі було проаналізовано ефективність роботи мультизональної системи LG Multi V5 Heat Recovery типу «повітря-повітря» для забезпечення систем опалення, гарячого водопостачання та кондиціонування офісної будівлі. На базі отриманих результатів розроблений графік ефективності роботи теплового насоса.

**Вадим КОРБУТ**, д.т.н., Київський національний університет будівництва та архітектури

**Віктор МІЛЕЙКОВСЬКИЙ**, д.т.н., Київський національний університет будівництва та архітектури

**Сергій РИБАЧОВ**, Київський національний університет будівництва та архітектури

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ДВОРІВНЕВОГО ПОВІТРЯНО-СТРУМИННОГО ЕКРАНУ ЗА ЕФЕКТИВНІСТЮ**

Використання систем місцевої витяжної вентиляції продовжує залишатися найбільш надійним способом уловлювання забруднюючих речовин в технологічних процесах різних галузей промисловості України. Головною метою застосування систем місцевої витяжної вентиляції є ефективне уловлювання забруднюючих речовин в місцях їх утворення. Як правило різноманітні активовані відсмоктувачі потребують повітрообмін у великих об'ємах і відповідно мають значні геометричні розміри. В роботі виконано оптимізаційні розрахунки дворівневого повітряно-струминного екрану для великогабаритних ванн.

Основним обмеженням є максимально можлива висота відсмоктувача, що складається з ширини відсмоктувальної щілини, висоти газонепроникної стінки, висоти інжекційної щілини та ширини припливної щілини.



Для уникнення складного диференціального аналізу рівняння виконано чисельний розрахунок на чотиривимірній сітці, де інтервал варіювання кожного фактора поділено на 100 рівних підінтервалів. Обиралася оптимальна точка, у якій ефективність  $\eta$  була максимальна.

Проаналізовано вплив критерію Архімеда. Виявлено, що зростання критерію Архімеда в даних діапазонах факторів підвищує ефективність уловлювання. Також розраховано ефективність уловлювання при тих же оптимальних значеннях факторів при нульовому значенні критерію Архімеда.

Побудовано графік залежностей ефективності вловлювання від максимально можливої висоти борта ванни.

Результати розрахунку надають можливість створити методичку інженерного розрахунку дворівневого повітряно-струминного екрану.

**Юрій ЧОВНЮК**, д.т.н., Київський національний університет будівництва та архітектури

**Анна МОСКВІТІНА**, Київський національний університет будівництва та архітектури

## **ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ТРУБЧАСТИХ ТЕПЛООБМІННИХ АПАРАТІВ ДЛЯ НЕНЬЮТОНІВСЬКИХ РІДИН**

Дослідження та розробки останнього десятиліття показали, що новий клас теплоносіїв на основі нанорідин – стабільної дисперсії наночастинок твердого матеріалу (металу, вуглецю або кремнію) в рідкому середовищі є перспективним теплоносієм в системах сонячного, геотермального теплопостачання, а також як рідини для охолодження. За своїми теплофізичними властивостями такі рідини нагадують рідкі метали: висока теплопровідність, можливість ефективного поглинання сонячного випромінювання, а також магнітного керування перебігом, що сприяє успішному застосуванню нанорідин в різних енергетичних системах, підвищення ефективності відбору тепла до півтора разів. Але я питання по проектуванню теплообмінників для даних рідин. В даній роботі обґрунтована методика розрахунку трубчастих теплообмінників для в'язкопластичних рідин, які описуються реологічною моделлю Балклі-Гершеля (випадок псевдопластичних рідин). Вказана методика розповсюджується на теплотехнічні та гідравлічні розрахунки трубчастих теплообмінників й транспортних трубопровідних систем. Вона може бути застосована для ламінарного режиму течії неньютонівських рідин й охоплює найбільш важливу для практики область зміни основних параметрів течії у діапазоні приведених довжин  $\frac{1}{Pe} \cdot \frac{L}{D} = 10^{-4} \dots 10^{-1}$ , де  $L$  – довжина, м;  $D$  – діаметр труби, м;  $Pe$  – критерій Пекле. Розроблена методика дозволяє враховувати особливості розрахунку коефіцієнтів тепловіддачі й гідравлічних опорів і не має обмежень по в'язкості (ситуації із гідравлічним тепловим вибухом виключаються). На границі зовнішнє середовище – стінка задаються граничні умови третього (задана температура зовнішнього середовища й постійний коефіцієнт тепловіддачі на границі зовнішнє середовище – стінка ) роду. Методика побудована по вихідним даним на вході у трубчастий теплообмінник чи гідравлічну систему. По цим даним

визначаються реологічні (в'язкість) й теплофізичні властивості, необхідні для розрахунку. Подібний прийом має відомі переваги при розрахунку теплообміну та гідравлічних опорів, оскільки можна провести тепловий та гідравлічний розрахунок теплообмінника, не знаючи температури продукту на виході. Енергетична ефективність застосування трубчастих теплообмінних апаратів для високов'язких рідин базується на співвідношеннях, які характеризують роль дисипації енергії за змінних властивостей рідини.

**Ірина ВЕНГРИН**, Національний університет «Львівська політехніка»

**Степан ШАПОВАЛ**, д.т.н., Національний університет «Львівська політехніка»

**Василь ЖЕЛИХ**, д.т.н., Національний університет «Львівська політехніка»

**Христина КОЗАК**, к.т.н., Національний університет «Львівська політехніка»

**Богдан ГУЛАЙ**, к.т.н., Національний університет «Львівська політехніка»

## **ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЕЛЬ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ**

Екологічно чисті джерела енергії мають задовольняти потреби сьогодення, не ставлячи під загрозу розвиток енергетики в цілому. Такі як вітер, гідроелектроенергія, сонячна та геотермальна енергія, як правило, набагато стійкіші, ніж джерела викопного палива. Особливої уваги, заслуговує сонячна енергетика.

Метою дослідження була побудова математичної моделі сонячного колектора, що є частиною теплосприймаючого скляного огороження в системі сонячного теплопостачання.

Враховуючи рекомендації при монтуванні сонячних колекторів на південну сторону та унеможливлення фасадів, що міститимуть сонячний колектор орієнтувати на цю сторону світу, то необхідним є встановлення кількості сонячної радіації, яка надійшла на поверхню фасаду.

Для визначення кількості сонячної радіації, яку може отримати поверхня сонячного колектора при орієнтуванні за різними сторонами світу для міста Львова, зручно користуватись формулами, в яких є параметр порядкового номера місяця, що є важливим для розрахунку сезонних сонячних колекторів.

Для побудови математичної моделі використовуються стаціонарні методи досліджень СК, що ґрунтуються на моделі Хоттеля(Hottel) - Уїллера(Whillier) - Бліса(Bliss).

Оскільки модель сонячного колектора була випробувана за постачання із мережевого трубопроводу та середньостатистичної інтенсивності імітованого сонячного випромінювання  $600 \text{ Вт/м}^2$  та досягнула  $\approx 37\%$  теплової ефективності, то така конструкція може бути рекомендована для широкомасштабного впровадження в енергоефективні будівлі та споруди.

*Григорій КРАСНЯНСЬКИЙ, к.ф.-м. н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Ірина АЗНАУРЯН, Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Олег БЕСАРАБ, Київський національний університет будівництва і архітектури*

## **ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕКРАНУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ОБЛИЦЮВАЛЬНИМИ МАТЕРІАЛАМИ**

Найбільш дієвим способом захисту від шкідливого впливу електромагнітного випромінювання є екранування. Властивість екранувати електромагнітне випромінювання мають практично всі будівельні матеріали. У той же час, ефективність такого екранування недостатня. З метою нормалізації показників відповідно до загальновизнаних міжнародних нормативів як захисні екрани повинні застосовуватися спеціально розроблені будівельні матеріали. Раніше нами було показано можливість використання як ефективних екранів електромагнітного випромінювання облицювальних матеріалів із електропровідними добавками, виготовлених методом пресування.

В роботі представлені результати теоретичних досліджень впливу тиску пресування і концентрації електропровідної добавки на характеристики екранування електромагнітного випромінювання облицювальних будівельних матеріалів. Розроблена розрахункова методика визначення оптимальної концентрації електропровідного компоненту, при якій вибраний тиск пресування забезпечує досягнення як необхідної загальної ефективності екранування, так і необхідних ефективностей екранування за рахунок відбиття і поглинання електромагнітного випромінювання матеріалом.

Отримані рівняння дозволяють оптимізувати склад і технологію приготування електромагнітних екранів на основі облицювальних матеріалів із заданими ефективностями екранування, що забезпечує зниження трудомісткості, вартості і підвищення якості матеріалу.

*Юрій СНЄЖКІН, академік НАН України, Інститут технічної теплофізики НАН України*

*Жанна ПЕТРОВА, д.т.н., с.н.с, Інститут технічної теплофізики НАН України*

*Юлія НОВІКОВА, Інститут технічної теплофізики НАН України*

*Антон ПЕТРОВ, Інститут технічної теплофізики НАН України*

## **ШЛЯХИ УТИЛІЗАЦІЇ ЗАСТАРІЛИХ МУЛОВИХ ВІДКЛАДЕНЬ НА ПАЛИВО**

Накопичені мулові осади очисних споруд великих міст є застарілими, через це втратили переважну кількість біогенних речовин, стали занадто мінералізовані і практично непридатні до безпосереднього використання їх як добрива.

Дослідження присвячені розробці єдиного підходу до ефективною переробки мулових осадів як палива із додаванням до них займистих наповнювачів таких як фрезерний торф, лузгу гречки, відходи деревини (тирса).

Виявленні фактори впливу на енергоефективні показники процесів підготовки сировини, сушіння та гранулоутворення композиційних сумішей на основі торфу, застарілих мулових осадів та біомаси, що дозволили отримати якісні гранули та брикети.

Проблемою переробки застарілих мулових відкладень, є малий вміст в них органічних речовин, перевищена зольність та висока вологість, тому вони не придатні для спалювання в чистому вигляді та для землеробства. Для зменшення зольності до мулових відкладень доцільно додавати біомасу та торф та підсушити для зменшення вологості.

У статті наведені дослідження кінетики сушіння композиційних гранул на основі торфу, застарілих мулових відкладень та біомаси на експериментальному конвективному сушильному стенді. Конвективний сушильний стенд дозволяє проводити термічну обробку композиційних гранул при температурі сушильного агенту 30 – 150 °С та швидкості руху 0,5 – 5 м/с. Проведено порівняння тривалості сушіння мулоторфяної композиції та її складових, яке показує, що при сушінні композиційних гранул спостерігається інтенсифікація процесу сушіння.

Представлено порівняння кінетики сушіння дво- та трьохкомпонентних гранул показує однаковий характер кривих сушіння та тривалість сушіння знаходиться в межах 17 – 18 хвилин. Підібрано оптимальне співвідношення компонентів з метою якісного гранулювання. Визначено ефективні режими сушіння композиційних гранул на основі мулових відкладень, торфу та біомаси. Визначено рівноважні вологості композиційних гранул, що не перевищують стандартну вологість палива. Питома теплота згоряння створеної нами композиційної суміші у вигляді гранул на основі мулових відкладень, торфу та органічної сировини відповідає стандартам якісного палива і становить 12,5-16,5 МДж/кг.

**Олена КОТОВЕНКО**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Олена МІРОШНИЧЕНКО**, Київський національний університет будівництва і архітектури

**Денис ПРИЙМАК**, Київський національний університет будівництва і архітектури

## **ОДИН З ПІДХОДІВ ДО УТИЛІЗАЦІЇ ТАНКОВИХ ТА ПРОДУВОЧНИХ ГАЗІВ АГРЕГАТУ СИНТЕЗУ АМІАКА**

Продувні і танкові гази створюються на агрегаті синтезу аміаку у баках-розширювачах, резервуарах та охолоджувачах аміаку і представляють собою баластні гази.

Аміак – це один з найважливіших продуктів сучасної хімічної промисловості що є базою для вироблення азотних добрив, нітратної кислоти, багатьох хімічних продуктів, а також медичної продукції. Загалом в світі виробляється біля 180 млн. тон аміаку на рік.

В Україні основними виробниками аміаку є підприємства холдингу OSTCHEM: Рівнеазот, Северодонецьке об'єднання «Азот», Черкаський «Азот» та концерн

«Стирол». Крім того, аміак виробляють Одеський припортовий завод та «Дніпроазот». Загалом кількість виробленого аміаку у 2014 році становило 1 млн. тон. У 2017 Україною було імпортовано аміаку на 123 млн. доларів.

До нашого часу основним методом утилізації танкових і продувних газів є спалювання їх у конверторі першого ступеня у суміші з паливним газом.

Недоліки цього методу:

- оскільки продувні гази мають низьку калорійність то витрати паливного газу з більш високою калорійністю впливає на збільшення собівартості аміаку;
- оксиди, що виникають при спалюванні (кількість викидів оксидів складає 400 мг/с і вище) призводить до забруднення атмосфери та погіршення екологічного стану на підприємстві і в найближчих населених пунктах;
- очищення від оксидів азоту проводиться за допомогою подачі аміаковміщуючих газів в зону реакції, що призводить до додаткових витрат основного продукту (аміаку) та зниження продуктивності.

Зараз багато працюють над розробкою технологій утилізації продувних і танкових газів. Одним з найбільш ефективних шляхів вдосконалення таких технологій є повне вилучення з цих газів аміаку як основного продукту. За рахунок цього виключаються скиди в каналізацію аміаковміщуючих вод, що знижує затрати на переробку стоків. Після проходження газами установки виділення водню при такій технології можна одержати з одного агрегату синтезу аміаку приблизно 5700 м<sup>3</sup> Н<sub>2</sub>/год з 5% домішок, який планується направляти у конвертор.

Проаналізувавши пропоновані технології утилізації продувних і танкових газів під кутом розвитку водневих енергетичних технологій можна зробити висновок, що такі технології утилізації можуть стати джерелом одержання водню, який може бути використаний як сировина для розвитку водневих технологій в Україні.

*Анна МУЛЯР, Київський національний університет будівництва й архітектури  
Юлія КОЛЬЧИК, к.т.н., Київський національний університет будівництва й архітектури*

## **ВРАХУВАННЯ ВПЛИВУ СОНЯЧНОЇ РАДІАЦІЇ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ПО-ФАСАДНОГО РЕГУЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ**

З метою економії теплової енергії та захисту навколишнього середовища застосовуються альтернативні джерела та природні фактори. Одним з таких природних факторів є вплив сонячної радіації на огорожувальну конструкцію. У даній роботі було проведено експериментальне дослідження в лабораторії 348 навчального корпусу №3 в КНУБА, щодо впливу сонячної радіації на непрозорі огорожувальні конструкції. Дослідження були проведені як для сонячних, так і для похмурих діб. Розглянуто розподіл температур по товщині цегляної огорожувальної конструкції (товщина  $\delta = 0,54$  м) для різних періодів сонячної доби. Отримані графіки залежності повністю відповідають результатам розрахунку для аналогічних стін.

Здатність зовнішньої огорожувальної конструкції акумулювати сонячну енергію може бути використана при проектуванні систем опалення шляхом

використання по-фасадного регулювання. Дане регулювання застосовується за умови поділу системи опалення на фасади будівлі в залежності від орієнтації їх щодо сторін світу. В основі по-фасадного регулювання лежить облік впливу на теплоспоживання будівлі таких факторів, як швидкість вітру та сонячне випромінювання.

Ефективним є по-фасадне автоматичне регулювання при застосуванні його в житлових будинках, коли температура зовнішнього повітря змінюється від  $-5$  до  $8$  °С. Система опалення освітленого сонцем фасаду автоматично відключалася не тільки на період попадання сонячних променів на зовнішні огорожувальні конструкції, але і на такий же час після, за рахунок отримання тепла від нагрітих поверхонь, стін і меблів.

При використанні системи опалення з по-фасадним регулюванням з врахування швидкості вітру, що змінюється в діапазоні  $0-5$  м/с, та побутових тепловиділень, що становлять  $20\%$  з розрахункового тепло споживання, можна досягти економії енергоресурсів на  $6-12\%$ . З урахуванням сонячного випромінювання економія енергоносіїв по оцінкам різних авторів може досягати в залежності від орієнтації фасадів будівлі: для Пн  $9-18\%$ , а для Пд  $16-38\%$ .

*Дмитро РОГОЖИН, КП «Житомиртеплокомуненерго»*

*Володимир ВІТКОВСЬКИЙ, КП «Житомиртеплокомуненерго»*

*Микола КАРПЮК, КП «Житомиртеплокомуненерго»*

*Павло ГЛАМАЗДІН, Київський національний університет будівництва та архітектури*

*Крістіна ГАБА, к.т.н, Київський національний університет будівництва та архітектури*

## **ЕНЕРГОРЕСУРСОЗБЕРЕЖЕННЯ В СИСТЕМАХ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЗА РАХУНОК ОПТИМІЗАЦІЇ СЛУЖБИ ПІДГОТОВКИ ВОДИ. ДОСВІД КП «ЖИТОМИРТЕПЛОЕНЕРГО»**

Одним з шляхів енергоресурсозбереження в системах централізованого теплопостачання, направленою на зниження витрат води, природного газу та електроенергії, є використання новітніх методів підготовки теплоносія, впроваджене у комунальному підприємстві КП «Житомиртеплоенерго» Житомирської міської Ради.

У 2007 році були проведені енергоаудити та загальна оцінка стану основних фондів підприємства. Було встановлено, що зношеність котельного обладнання та трубопроводів сягає  $82-85\%$ . На підприємстві присутні понаднормативні втрати води, часті ремонти труб та промивання котлів від відкладень. Було проаналізовано нові методи водопідготовки, фізико-хімічні основи процесів, результати їх впровадження на підприємствах та розроблено програму модернізації системи підготовки води.

В даній роботі приведені результати реалізації програми, яка була розпочата у 2008 році. За час дії програми розроблено і впроваджено ряд технічних засобів: установка Redox-фільтрів, датчиків корозії; вдосконалення конструкції

шламовловлювачів з магнітними вставками; розроблення нової конструкції низькотемпературного вакуумного деаератора; автоматизація дозування реагентів для модифікації води. Проводяться дослідження у напрямку пошуку більш дешевих реагентів для попередження корозії та накипоутворення на основі поверхнево-активних речовин.

На даний час програма продовжує діяти, за результатами аналізу постійного моніторингу вносяться поправки, але вже досягнуті вагомні результати від її впровадження: питома витрата води на підживлення системи впала у 10 разів, питомі витрати солі на пом'якшення води також впали в 10 разів, питомі витрати електроенергії на транспортування води в тепловій мережі зменшились на 20% за рахунок зменшення гідравлічного опору систем, питомі витрати природного газу в джерелах теплоти (котельнях) знизилась на 4%. Швидкість корозії було знижено з 0,7-0,8 мм/рік до 0,01-0,02 мм/рік, тобто корозія практично відсутня.

Досвід роботи котельень підприємства з модернізованими системами підготовки води показує, що перехід на новітні технології супроводжується поточними технічними проблемами, зокрема внаслідок очищення поверхонь трубопроводів теплових мереж від шару відкладень відкриваються свищі та язви у стінках труб, що раніше маскувались під цим шаром відкладень. Тому модернізацію систем підготовки теплоносія потрібно проводити поступово та з урахуванням стану котельного обладнання, трубопроводів теплових мереж, підготовки персоналу.

Не зважаючи на поточні технічні проблеми, впровадження новітніх методів підготовки води дає значний економічний ефект та підвищує надійність систем тепlopостачання.

**Станіслав ДУШКІН**, д.т.н, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

**Андрій ШЕВЧЕНКО**, к.т.н., LPP S.A., Республіка Польща

**Тамара ШЕВЧЕНКО**, к.т.н., Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

**Вячеслав ТКАЧОВ**, к.т.н, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

## **ЗНЕВОДНЕННЯ ОСАДІВ ПОБУТОВИХ СТИЧНИХ ВОД З ДОДАВАННЯМ МІНЕРАЛЬНОЇ СКЛАДОВОЇ**

Висока вологість у осадах побутових стічних вод та низька здатність відокремлювати вологу від надлишкового активного мулу на міських очисних спорудах зумовлюють необхідність використання енергозатратних технологій зневоднення та утилізації осаду.

Поряд із звичайними методами кондиціонування, заснованими на додаванні флокулянтів та зневодненні на різних установках для механічного зневоднення (центрифуги, фільтр-преси, дегідратори тощо), існує метод механічного кондиціонування, заснований на додаванні мінеральних компонентів (вапна, золи виносу з ТЕС, пилу, доломітового вермикуліту). Осад, зневоднений у поєднанні з

такими відходами, може мати додаткові можливості утилізації залежно від типу реагенту, що використовується.

Дослідження з додаванням вермикуліту до надлишкового активного мулу під час його зневоднення проводилися на лабораторному макеті камерно-мембранного фільтр-преса. Додавали вермикуліт трьох різних фракцій: 0,1, 0,5 та 1 мм з різними дозами від 10 до 80 г/л та досліджували кінетику та середню ефективність фільтрації. Встановлено, що, як і у разі додавання золи винесення, збільшення відносного вмісту твердих речовин пов'язане із внесенням твердих частинок вермикуліту у осад (активний мул). Встановлено, що збільшення вмісту сухих речовин до 35–40% призводить до утворення щільного, сухого на дотик кеку, який можна транспортувати навалом без ризику відокремлення води.

Для характеристики практичного застосування цього рішення була розрахована фільтруюча здатність лабораторного та реального камерного фільтр-преса (з урахуванням додаткових робочих циклів, загальна тривалість яких прийнята на рівні 20 хвилин). У межах досліджуваних фракцій та дозувань продуктивність фільтрації знаходиться в межах 25–250 л/м<sup>3</sup> на годину і чим вона вища, тим дрібніша фракція та вища доза вермикуліту. Показано, що для різних фракцій вермикуліту продуктивність збільшується зі збільшенням дозування з різною швидкістю.

Дані, одержані в результаті дослідження, вказують на можливість використання вермикуліту в якості мінеральної складової для кондиціонування активного мулу міських очисних споруд при механічному зневодненні без застосування додаткових реагентів.

**Євдокименко ЮРІЙ**, к.т.н., ТОВ «Унітехнології Юей»

**Задоянний ОЛЕКСАНДР**, к.т.н., Київський національний університет  
будівництва та архітектури

## **НАКОПИЧУВАЛЬНИЙ МЕТОД ОЦІНКИ ДЕСТРУКЦІЇ ЕКСЕРГІЇ ПОВІТРЯ ПРИ ПОГЛИБЛЕНОМУ АНАЛІЗІ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ**

Вимоги щодо енергозбереження в системах створення й підтримки мікроклімату в будівлях і спорудах різного призначення можливо забезпечити перш за все при коректному урахуванні показників енергоощадності відповідних систем – опалення, вентиляції і кондиціонування повітря. На ці системи за окремими даними припадає приблизно 60...70% споживання всіх видів енергії, яку виробляють комунальні енергогенеруючі компанії. Системи кондиціонування повітря ( СКП ) серед них є найбільш енергоємними і споживають теплову, електричну енергію та енергію холоду.

Ще до сьогодні проекти з улаштування систем опалення, вентиляції і кондиціонування повітря не відповідають вимогам ДБН В.1.2-11-2008 "ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО БУДІВЕЛЬ І СПОРУД. ЕКОНОМІЯ ЕНЕРГІЇ" щодо технічних рішень з енергозбереження. Даними нормами передбачено оцінювання характеристик обладнання з нагрівання, охолодження та зволоження ( також осушення )



коефіцієнтом корисної дії. Відповідна методологія з оцінки вказаного показника та інших відсутня.

Єдиним на сьогодні дієвим методом з оцінки показників енергоощадності вказаного обладнання є ексергетичний аналіз. Він дає коректні результати та пройшов достатню апробацію на енергетичних об'єктах – теплових станціях, теплосилових установках, хімічній промисловості тощо. На відміну від обладнання вказаних технологій, енергетичні потоки в будівлях і спорудах мають значно менші термодинамічні параметри – температуру та тиск. Ця відміна потребує особливого методологічного підходу, а саме - урахування всіх складових ексергії вологого повітря як основного матеріального потоку в СКП.

Ексергетичний аналіз СКП надає можливості коректної всебічної оцінки показників енергоощадності елементів систем, функціональних вузлів, схемних рішень та варіантів енергопостачання. Поглиблений ексергетичний аналіз вказаних систем, який враховує й оцінює всі складові ексергії вологого повітря, дозволяє оцінювати термодинамічні перетворення окремих психрометричних процесів в порівнянні один з другим з чисельним визначенням показників енергоощадності. Результати поглибленого ексергетичного аналізу використовують для корегування схемних рішень систем та удосконалення процесів обробки повітря, що в свою чергу суттєво зменшує енергоспоживання системами.

Одним з критеріїв поглибленого методу ексергетичного аналізу СКП є деструкція ексергетичного потоку вологого повітря, яка характеризує зміну ексергетичних потенціалів повітря в певних процесах при його обробці. За цим показником варто досліджувати схемні рішення СКП й оцінювати величину накопичення деструкції ексергії складових вологого повітря в процесі підготовки повітря перед подачею в приміщення, що обслуговується.

**Вадим КОРБУТ**, д.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Владислав ЛУЧИЦЬКИЙ**, Київський національний університет будівництва і архітектури

## **АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ВИДІВ РЕКУПЕРАТОРІВ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ**

У зв'язку із значним зростанням тарифів на первинні енергоресурси використання рекуперації теплоти стало як ніколи актуально. Найбільш ефективним рішенням є установки рекуперації теплоти витяжного повітря, які спрямовані на те, щоб у приміщенні були забезпечені всі необхідні параметри, при цьому здійснювалося енергозбереження. У сучасних системах вентиляції найчастіше використовують пластинчасті, роторні та рекуператори теплоти з проміжним теплоносієм. Принцип роботи будь-якого рекуператора припливно-витяжних установок полягає в наступному. Він забезпечує теплообмін (в деяких моделях і холодообмін і вологообмін) між потоками припливного та витяжного повітря. Процес теплообміну може відбуватися безперервно – через стінки теплообмінника, за допомогою проміжного теплоносія. Теплообмін може бути і періодичним, в результаті видаляємо повітря охолоджується, нагріваючи при цьому свіже

припливне повітря. Процес холодообміну в окремих моделях проходить в теплу пору року і дозволяє знизити енерговитрати на системи кондиціонування повітря за рахунок деякого охолодження припливного повітря. Вологообмін проходить між потоками витяжного і припливного повітря, дозволяючи підтримувати в приміщенні комфортну для людини вологість цілий рік, без використання будь-яких додаткових пристроїв – зволожувачів, парогенераторів та інших. Переваги пластинчастих рекуператорів: недорогий, екологічний, витяжне повітря не контактує з припливним, відсутні рухомі деталі. Недоліки: взимку може утворитися обмерзання. Переваги роторних рекуператорів: часткове повернення вологи в приміщення. Недоліки: 3-8% видаляє мого повітря повертається назад, складна конструкція, рухомі деталі ротора потребують постійного обслуговування, а іноді і заміни. Переваги рекуператорів з проміжним теплоносієм: теплообмінники можуть розміщуватися на значній відстані один від одного, припливне повітря не змішується з видаляємим, можна використовувати декілька припливних та витяжних потоків, рекуператор працює в сильні морози. Недоліки: низька енергоефективність, значні витрати на електроенергію необхідну для роботи насоса, велика кількість контрольно-вимірювальних пристроїв, які потрібно часто обслуговувати.

*Павло ГЛАМАЗДІН, к.т.н., Київський національний університет будівництва та архітектури*

*Евеліна СІРОХІНА, Київський національний університет будівництва та архітектури*

### **ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ГЕЛІОСИСТЕМ З ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИМИ ОРГАНІЧНИМИ ТЕПЛОНОСІЯМИ**

Використання сонячної енергії для цілей тепlopостачання є однією з провідних тенденцій розвитку світової енергетики на основі відновлюваних джерел енергії. Геліотепlopостачання привабливе не тільки з точки зору, наближення до безвуглецевої енергетики, а й з точки зору зменшення шкідливих викидів в атмосферу оксиду вуглецю CO та оксидів азоту (NO<sub>x</sub>), які супроводжують використання органічних палив. За своїми кліматичними умовами Україна належить до територій із середньою інтенсивністю сонячної радіації, що робить її придатною для перспективного розвитку систем тепlopостачання з використанням сонячної енергії, зокрема для покриття навантаження на гаряче водопостачання, як найбільш просту, ефективну і дешеву геліосистему. Крім того для геліосистеми, призначеної для гарячого водопостачання, з'являється проблема відсутності синхронності між споживанням теплоти і її надходженням – найбільша інтенсивність інсоляції припадає на середину дня, але цей час як раз співпадає з денним зменшенням споживання гарячої води. Цей час можна було б використовувати для заряджання теплоаккумулятора, але при використанні традиційного для геліосистем гарячого водопостачання теплоносія – води або водних розчинів пропіленгліколя – виникає проблема так званої стагнації системи. Під час стагнації не використана теплота може привести до швидкого нагрівання теплоносія (води, водного розчину пропіленгліколю) до температури кипіння і генерації парової фази, що в свою чергу

може привести до аварійних ситуацій. Існує декілька сучасних методів боротьби зі стагнацією. Вони включають використання організації спеціальних режимів роботи геосистем. Це такі методи, як «Drain back» та метод використання геосистем з функцією «Старт - стоп». Ці методи в якійсь мірі передбачають використання теплоти через її акумулювання. Крім того є методи, які направлені виключно на попередження закипання теплоносія. Це використання спеціальних жалюзі та використання системи Thermal Protect. Більш перспективним методом вирішення проблеми неспівпадання в часі приходу сонячної радіації та споживання теплоти в системах гарячого водопостачання є заміна традиційних для геліосистем теплопостачання теплоносіїв ( вода та водні розчини пропіленгліколю) на високотемпературні органічні теплоносії – VOT. У хімічних технологіях накопичено великий досвід експлуатації термоолив, де вони широко використовуються, а виробники випускають широкий спектр подібної продукції. До загальних властивостей VOT відносяться: залежність від температури (щільність, в'язкість, число Pr); мають великий коефіцієнт об'ємного температурного розширення; при великій щільності теплового потоку на стінках теплообмінного апарату вони можуть, в залежності від складу, або коксуватися, або виділяти газову фазу. Тому цей метод має суттєві переваги. Головна перевага це можливість повного використання всієї теплоти від сонячної радіації та її акумулювання. Крім того залишається відкритим питання теплообміну в геліоколлекторах. За замовчуванням передбачається, що процеси теплообміну в геліоколлекторах можна описати аналогічно процесам в теплових теплогенераторах для нагріву VOT. Однак треба відмитити, що температура VOT в теплогенераторах значно вище температури теплоносії в геліоколлекторах, що визначає інші значення теплофізичних властивостей. В геліоколлекторі картина зворотня. Інтенсивність інсоляції сильно змінюється протягом світлового дня, відповідно змінюється температура термоолива в каналах і його теплофізичні властивості. Слідом за цим, процеси теплообміну протягом дня визначаються кількома різними закономірностями і відповідно до різного рівня, як і гідродинаміка потоку. Значна зміна величини чисел Re протягом світлового дня вказує на прогнозоване значне змінення гідравлічного опору коллектора, що висуває певні вимоги до циркуляційних насосів. Відсутність врахування цих обставин при проектуванні термомасляних геліосистем може призвести до похибок у визначенні інтенсивності теплопередачі в геліоколлекторах при їх проектуванні та до зниження надійності колекторів при їх експлуатації, оскільки не враховують важливі особливості термоолив як теплоносіїв.

Для розробки простої та точної методики розрахунку теплообміну в геліоколлекторах з VOT і на його основі рекомендацій для інженерів з проектування геліосистем з термомаслом в якості теплоносії необхідно провести експериментальні дослідження для нестационального теплообміну при істотній зміні теплофізичних властивостей теплоносіїв при зміні його температури.

*Вадим НАЛИВАЙКО, к.т.н., Криворізький національний університет*

*Вікторія КОНОВАЛЮК, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

## **РОЗРОБКА БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДРІБНОДИСПЕРСНОГО ЗРОШЕННЯ «УСТІМОР»**

Інтенсифікація процесів видобутку і переробки мінеральної сировини, характерних для сучасного розвитку гірничодобувного виробництва, пов'язана зі значним забрудненням атмосферного повітря пилом.

При проведенні робіт з пилоподавлення рекомендується використовувати спеціалізовану техніку. Ми пропонуємо до використання в якості економного і мобільного засобу пилоподавлення установку імпульсного дрібнодисперсного зрошення «Устімор».

Принцип роботи установки заснований на імпульсному витисненні води з водоповітряного баку продуктами згоряння паливоповітряної суміші під високим тиском (>5 МПа). Продукти згоряння утворюються в верхній частині повітряного бака в «камері спалювання». Вони при своєму розширенні витісняють воду, що знаходиться в нижній частині резервуара, і забезпечують її подавання (через направляючу трубку, запірний орган, стовбур і сопло) в навколишнє середовище. Коли струмінь виходить з сопла (зі швидкістю до 100 м/с), гранична частина струменя води інтенсивно взаємодіє з повітряним середовищем, що призводить до імпульсивних коливань і розпаду струменя води на дрібні частинки діаметром від 50 до 800 мкм.

В травні 2021 року на хвостосховищі ПАТ «Інгулецький гірничозбагачувальний комбінат» були проведені дослідно-промислові випробування установки.

Під час випробувань було досліджено 6 циклів імпульсного викиду технічної води загальним об'ємом 3600 л. Дальнобійність установки в середньому складала 120-130 м. Площа зрошеної поверхні за один цикл експлуатації коливалася від 500м<sup>2</sup> до 750м<sup>2</sup>. Дрібнодисперсне розпилювання спостерігалось по всій довжині польоту струменя.

За одну годину роботи установка може подати в атмосферу у вигляді моросі від 5 до 30 тон води. Інтенсивність поливу за один цикл роботи в середньому складала 0,85 л/м<sup>2</sup>. Підтверджено можливості автономної роботи установки і її дистанційного керування через систему SCADA.

Установка імпульсного дрібнодисперсного зрошення «Устімор» рекомендується до застосування в якості засобу для розпилення рідини методом дрібнодисперсного зрошення на відкритих ділянках поверхонь, де інтенсивно взмітається і зависає пил. Вона може розприскувати як чисту, так і технічну воду, а також воду з додаванням поверхнево-активних речовин.

«Устімор» може бути використана для пилоподавлення і зволоження на хвостосховищах, складах сипучих матеріалів, відвалах, технологічних автодорогах.

Одним із шляхів вирішення питань щодо нормалізації атмосфери робочих зон глибоких кар'єрів є використання дрібнодисперсного аерозолю як тепло- та масообмінного реагенту для штучного процесу вентиляції застійних зон. Це

дозволить створити екологічно чисті робочі місця на нижніх горизонтах глибоких кар'єрів, не чекаючи глобального вирішення проблеми створення екологічно чистих технологій та спеціалізованої техніки.

Установку «Устімор» можна використовувати і для дрібнодисперсного поливу насаджень, виноградників, садів тощо. Зрошення листвяного покриття і поверхні ґрунту дозволить знизити їх температуру на 7 - 10 °С на сонці і на 6 - 6,6 °С в тіні.

**Володимир ШЕПІТЧАК**, к.т.н., Національний університет «Львівська політехніка»

**Юрій ФУРДАС**, к.т.н., Національний університет «Львівська політехніка»

**Василь ЖЕЛИХ**, д.т.н., Національний університет «Львівська політехніка»

**Микола БРОДСЬКИЙ**, к.т.н., Національний університет «Львівська політехніка»

**Мариуш ADAMSKI**, PhD, Bialystok University of Technology, Bialystok, Poland

## **НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНІ ПРОМЕНЕВІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ В МОДУЛЬНИХ БУДІВЛЯХ**

Модульний будинок – це готова до використання будівля, виготовлена з високоякісних матеріалів. Основна ідея модульного будівництва полягає у виготовленні цілого будинку на заводі або складових його елементів та швидкому монтажі у необхідному місці. Він складається зі спеціальних модулів (секцій). Кожна секція має своє призначення, а в комплексі вони утворюють споруду, що нічим не відрізняється від традиційного будинку. Для опалення модульних будинків доцільно використовувати енергоощадні системи теплотакопечення. Так, в статті розглядається можливість застосування низькотемпературних інфрачервоних нагрівачів для підтримання теплового стану в модулях.

Житлове будівництво відноситься до складних і довгострокових проектів, у реалізації яких задіяно безліч виробничих галузей. У всі часи намагаються винайти швидкі способи зведення будівель, проте швидкість і надійність часто знаходилися в прямій залежності. І все-таки праця будівельних конструкторів не була марною - досить надійні швидко-будівні модульні будинки. Будівництво модульних будинків – це не тільки економія часу, це і енергоефективність, екологічність, технологічність, довговічність. У багатьох європейських країнах модульні будинки називають «житлом майбутнього».

Проблемами проектування, будівництва і експлуатації модульних будинків займаються багато як вітчизняних так і закордонних дослідників, зокрема Криволапова А.В., Саприкіна Н.А., Смирнова О.В., Обедніна С.В., Бистрова Т.Ю., Семікін О. В., Банаш В. А., Руденко Т. В., Ле Карбюзье та інші. Незважаючи на велику кількість дослідників у світовій практиці наукових досліджень з даної проблематики явно недостатньо.

Доцільно впроваджувати енергоефективні заходи для зменшення використання традиційних енергоносіїв для створення комфортного теплового режиму у приміщеннях модульного будинку та для забезпечення енергопотреб усіх систем.

**Svetlana BAITOVA**, *Belarusian State University of Food and Chemical Technologies, Belarus*

**Natalia ZHURAVSKA**, *Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture, Ukraine*

## **MONITORING OF NITRATE CONTENT IN WATER OF INDIVIDUAL WELLS**

Environmental pollution causes changes in the quality of water resources. Pollutants of various nature, including nitrates, enter water bodies. In ground waters within settlements, livestock farms and in other places where nitrogenous fertilizers were applied to the soil for a long time and massively, the content of nitrates can be high. Water contaminated with nitrates is dangerous to humans. In this regard, it is advisable to monitor and control the quality of groundwater used for drinking purposes.

Water sampling was carried out from 14 individual wells with a depth of 11...34 m, located on the territory of personal and summer cottages in the Mogilev region. The results of the average values of the concentration of nitrates in the water of individual wells showed that in 57 % of individual wells the nitrate content in the taken water samples did not exceed the permissible norm (45 mg / dm<sup>3</sup>) and amounted to 5.13...37.90 mg / dm<sup>3</sup>. In other individual wells (43 %), the content of nitrate ions exceeded the permissible norm by 0.4...1.9 times.

**Людмила ЧЕРНИШОВА**, *к.т.н., Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

**Сергій МОВЧАН**, *к.т.н., Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

## **РОЗРОБКА ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ ПО ОЧИЩЕННЮ СТИЧНИХ ВОД РЕМОНТНИХ ПІДПРИЄМСТВ АПК**

Розглянуто основні виробничі цикли ремонту двигунів на ремонтно-механічному заводі. Основний виробничий цикл ремонту двигунів на ремонтно-механічному заводі складається з зовнішнього пропарювання агрегату в пропарювальній камері зі скиданням утворюються стоків в збірний колодезь. Далі відбувається розбирання двигуна на окремі вузли і мийка їх в хрестових миючих машинах з періодичним скиданням відпрацьованих миючих розчинів в збірні ємності. Після відновлення деталей здійснюється складання дизеля і його випробування на стендах. Необхідні деталі електрохімічним шляхом оцинковують, хромують або покривають залізом. Пропонується декілька локальних схем очищення стічних вод заводу з утилізацією цінних компонентів і їх повторного використання. Стічні води та відпрацьовані технологічні розчини умовно підрозділяють на низькоконцентровані та концентровані. До низькоконцентрованих стічних вод відносяться стоки від ділянці випробування дизелів, промивної води від гальванічних ванн, скидання оборотної системи охолодження дизелів.

Розроблена та досліджена схема очищення стоків від нафтопродуктів та речовин у вигляді суспензій, яка дозволяє повторно використовувати стічні води

зворотного водопостачання ділянці випробування дизелів. Принципіальна схема зворотного водопостачання ділянки випробування дизелів буде складатися з колонного електрофлотокоагулятора, збірників забрудненої води, сатураторів та насосів. Розроблена схема електрохімічного очищення відпрацьованих миючих розчинів, яка включає приймальники миючого розчину, попереднє відстоювання від грубодисперсних домішок, колонний електрокоагулятор-флотатор з розчинними алюмінієвими електродами, збірник електроліту. Особливістю роботи установки є робота електродної системи в чистому електроліті, що виключає можливість забруднення та пасивації електрохімічних процесів. Електрогенерований коагулянт дозується в реакційну камеру, змішується з миючим розчином, коагулює та флотує забруднення, що дозволяє поширити строк служби миючих розчинів в два-три рази.

**Олександр ПРИЙМАК**, д.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

## **РОЗВИТОК ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В УКРАЇНІ**

Задовільне функціонування централізованих систем теплопостачання (ЦСТ) за своїм призначенням є гострою соціально-економічною проблемою усього суспільства та, відповідно, діяльності Українських урядів протягом усіх років незалежності країни. ЦСТ - галузь яка потребує радикального реформування на основі таких системних причинно-наслідкових взаємозв'язків: відсутність діючої прозорої правової політики та її поєднання із управлінням галуззю на рівні уряду, місцевого самоврядування та виробника теплової енергії на основі принципів справедливого конкурентного ринку; незбалансованість моделей ринку електроенергії та теплопостачання, які мають тісний організаційний та економічний взаємозв'язок через когенераційні цикли роботи теплоелектроцентралей; стала вагома заборгованість споживачів за послуги теплопостачання через високі тарифи й низький рівень доходів населення; зниження рівня теплофікації із зниженням енергетичної, екологічної, експлуатаційної та техніко-економічної ефективності за рахунок зростання кількості дрібних теплогенеруючих установок для досягнення вищої надійності та зношене і технічно застаріле інженерно-технічне обладнання; нераціональне використання палива; високі втрати теплоти на усіх ланках систем теплопостачання та споживання теплової енергії (незадовільний інженерно-технічний стан будівель, споруд і технологій); дефіцит кваліфікованих кадрів. Таким чином, не зважаючи на певні кроки урядів (наприклад прийнятого закону України №2633-IV Про теплопостачання) визначальною проблемою існуючого стану ЦСТ є політично-правова криза яка викликає вагоме недофінансування галузі через ринкові механізми інвестицій. Розвиток ЦСТ можна класифікувати на основі чотирьох взаємопов'язаних складових: політико-правовий на вищому рівні; організаційно-управлінський на рівні теплогенеруючої компанії і споживачів; інженерно-технічний та фінансово-інвестиційний. Основними напрямками розвитку інженерно-технічної складової на основі техніко-економічного аналізу на системному рівні є: раціональне поєднання централізованих та децентралізованих систем теплопостачання з підвищенням їх ефективності; впровадження ко- та

полігенераційних установок, у тому числі на базі діючих опалювальних котельних установок; широкомасштабне впровадження теплонасосних установок; технологій та їх конструктивних елементів на основі використання нетрадиційних і відновлювальних джерел енергії (енергії сонця, вітру, біогазу, геотермальних вод, вторинних енергетичних відходів і т.п) та підсистем автоматизації технологічних процесів і диспетчеризації виробництва на основі GIS, BIM, SMART – технологій та інших. На рівні конструкцій елементів ЦСТ – теплогенератори з підвищеним сезонним та миттєвим значеннями к.к.д., зниженою температурою відхідних газів та їх екологічною чистотою; утилізаторів теплоти і теплообмінного обладнання; пальників з інтенсифікацією процесів згоряння; технологій підготовки теплоносіїв, палива, окислювача їх сумішоутворень та видалень і утилізації продуктів згоряння. На рівні конструкційних матеріалів і технологій – отримання і застосування високо теплопровідних, теплоізоляційних, жаро- та циклічно стійких дешевших матеріалів, технологій виробництва та конструкцій елементів на їх основі. Прогрес інженерно-технічного кластеру досягається розвитком фундаментальних та прикладних наукових досліджень із відповідним фінансуванням та підготовкою інженерно-технічних та наукових кадрів. Науковцями кафедри теплотехніки КНУБА виконуються прикладні дослідження за рядом окреслених напрямів.

**Віктор МІЛЕЙКОВСЬКИЙ**, д.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Тетяна ТКАЧЕНКО**, д.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Лавр КОТЕЛКОВ**, ПрАТ «Вентиляційні системи»

#### **МОДЕЛЮВАННЯ ПРИРОДНОГО ПОВІТРО-ОБМІНУ ТА ЯКОСТІ ПОВІТРЯ В ПРИМІЩЕННІ ЗА МЕТОДОМ ІНТЕГРАЛЬНОЇ ВИТРАТИ – А. Я. ТКАЧУКА**

На сьогодні більшість сучасних будівель мають механічну вентиляцію та кондиціонування повітря з рекуперацією теплоти. Але старі будівлі обладнані природною вентляцією. Коли параметри зовнішнього повітря відповідають комфортним, деякі мешканці вважають за краще відключати інженерні системи та відкривати вікна. Це дозволяє пропускати природні аеріони та аромати, особливо якщо навколо будівлі є період цвітіння рослин. Деякі сучасні будинки обладнані автоматичним керуванням вікнами для економії енергії. Тому природна вентиляція залишається актуальною. Її моделювання може бути виконано ефективно й точно без обчислювальної гідродинаміки за допомогою методів моделювання аерації будівель. Методи в першу чергу розроблено для підприємств з відповідними припущеннями. Висота кожного отвору розраховується, щоб уникнути зустрічних потоків в ньому. Але за допомогою цього явища можна виконати природну вентиляцію приміщень. У цьому дослідженні вдосконалено метод розрахунку аерації А. Я. Ткачука з використанням інтегральної витрати течії. Це дозволяє уніфікувати розрахунки одного потоку та двох зустрічних потоків у отворах. Результати моделювання однокімнатної квартири підтверджують, що природна вентиляція іноді не може підтримувати достатню якість повітря в приміщенні. Тому необхідна механічна вентиляція.



**Віктор МІЛЕЙКОВСЬКИЙ**, д.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Лаєр КОТЕЛКОВ**, ПрАТ «Вентиляційні системи»

**Олександр ТРИГУБ**, к.ф.-м.н., “Національний університет “Києво-Могилянська академія”

**Дмитро ГУЗИК**, к.т.н., Національний університет “Полтавська політехніка ім. Юрія Кондратюка”

## **АПРОКСИМАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ВИТІКАННЯ ПОВІТРЯ З ОТВОРІВ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИРОДНОГО ПОВІТРООБМІНУ**

Хоча природна вентиляція має низьку ефективність та стабільність, її моделювання залишається актуальним на сьогодні. По-перше, більшість успадкованого житлового фонду має природну вентиляцію. По-друге, виробничі приміщення з потужними тепловиділеннями проектується саме з використанням природної вентиляції – аерації. Адаже повітрообмін у них дуже великий для забезпечення його механічними системами. А утилізувати теплоту витяжного повітря є недоцільним через відсутність близьких споживачів низькопотенційної теплоти. Раніше при розрахунку аерації використовувалося значення коефіцієнта витрати отворів в автомобельной області при розрахункових параметрах внутрішнього й зовнішнього повітря. Сучасні підходи вимагають моделювати повітрообмін за змінних внутрішніх і зовнішніх умов, за яких повітрообмін може набувати скільки завгодно малі значення. При цьому режим роботи отворів виходить за межі автомобельной області. Найбільш універсальним є графік Альтшуля. Комп'ютерний розрахунок не може базуватися на графічних даних і вимагає математичного опису. Однак Альтшуль надав тільки формулу, що описує досить вузький діапазон. У цій роботі запропоновано апроксимацію експериментальних даних. Області, котрим експериментальні дані відсутні, описані з урахуванням висловлених у роботі припущень. Результати дозволяють моделювати природний повітрообмін у максимально широких діапазонах зовнішніх факторів.

**Віктор МІЛЕЙКОВСЬКИЙ**, д.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Тетяна ТКАЧЕНКО**, д.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Володимир ДЗЮБЕНКО**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

## **ЯКІСТЬ ВНУТРІШНЬОГО ПОВІТРЯ ЖИТЛА ПРИ ПРИРОДНІЙ ВЕНТИЛЯЦІЇ**

Більшість часу люди проводять у приміщеннях. Продуктивність праці та якість відпочинку залежать від стану повітряного середовища. Тому важливо підтримувати високу якість внутрішнього повітря вдома та на роботі. Результати багатьох натурних досліджень свідчать про необхідність правильної механічної вентиляції. Для економії енергії будівлі герметизують та не забезпечують повітрообмін. Це призводить до поступового підвищення концентрації вуглекислого газу та вологи. Перше погіршує самопочуття, викликає сонливість, знижує продуктивність праці, підвищує артеріальний тиск, зношує серцево-судинну та дихальну системи, створює стрес та ін. Наслідком будуть різні запальні захворювання, рак тощо. Розвивається синдром хворої будівлі, який лікується лише нормалізацією стану повітряного середовища завдяки вентиляції. Найчастіше у житлі використовують природну вентиляцію чи механічне видалення повітря з природним припливом. Виникає питання, чи забезпечують ці рішення якість повітряного середовища. Результати досліджень у цій роботі показали, що природна вентиляція нестабільна і не здатна створити допустимі умови повітряного середовища протягом усього часу

перебування людей. Кімнатні рослини можуть покращити якість повітря шляхом очищення його від багатьох шкідливих речовин та мікроорганізмів цілодобово. Однак у темний час доби більшість рослин не поглинають, а лише виділяють вуглекислий газ. Деякі рослини навпаки, вдень виділяють вуглекислий газ (СAM-метаболізм). Тому для забезпечення концентрації вуглекислого газу в цей час доведеться збільшити повітрообмін, що неможливо гарантувати при природній вентиляції. Таким чином, для стабільного забезпечення якісного повітряного середовища необхідно використовувати механічну припливно-витяжну вентиляцію.