

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/347445615>

# Робоча програма та тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції "Екологія, ресурси, енергія" ERE-2020

Book · November 2020

CITATIONS

0

READS

34

36 authors, including:



**Vitalii Ploskyi**

Kyiv National University of Construction and Architecture (KNUCA)

11 PUBLICATIONS 1 CITATION

[SEE PROFILE](#)



**Olena Voloshkina**

Kiev National University of construction and architecture

17 PUBLICATIONS 16 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Tatiana Prikhna**

National Academy of Sciences of Ukraine

175 PUBLICATIONS 993 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Gennadii Kochetov**

Kyiv National University of Construction and Architecture (KNUCA)

19 PUBLICATIONS 58 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Geometric and Kinematic Analysis of Macrostructure of Subsonic Turbulent Flows with Large Eddies [View project](#)



Effective Usage of "Green Structures" in Building [View project](#)



ENERGY  
RESOURCES  
ENVIRONMENT

# ***РОБОЧА ПРОГРАМА ТА ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ***

УКРАЇНА  
КИЇВ  
25-26  
ЛИСТОПАДА  
2020

МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА  
КОНФЕРЕНЦІЯ

***ЕКОЛОГІЯ. РЕСУРСИ. ЕНЕРГІЯ***

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

ЛЮБЛІНСЬКА ПОЛІТЕХНІКА (PL), ЛЮБЛІН, ПОЛЬЩА

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ



КИЇВСЬКИЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА  
І АРХІТЕКТУРИ



ЛЮБЛІНСЬКА  
ПОЛІТЕХНІКА

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

### **ЕКОЛОГІЯ. РЕСУРСИ. ЕНЕРГІЯ**

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

КИЇВ  
25-25 листопада 2020

## КЕРІВНИЦТВО КОНФЕРЕНЦІЇ

**КУЛІКОВ Петро Мусійович**, ректор КНУБА, Україна – голова  
**ПРИЙМАК Олександр Вікторович**, декан факультету, КНУБА, Україна – заступник голови  
**СОБЧУК Генрік Адам**, директор Представництва Польської Академії Наук в Україні, Республіка Польща – заступник голови

### Члени наукового комітету:

Плоский В.О. – Україна	Фіалко Н.М. – Україна
Чернишев Д.О. – Україна	Хоружий В.П. – Україна
Басок Б.І. – Україна	Васильєв А. – США
Волошкіна О.С. – Україна	Оз Н. – Туреччина
Гомеля М.Д. – Україна	Валері М. – Польща
Епоян С.М. – Україна	Пікутін Я. – Польща
Желих В.М. – Україна	Хейс-Абішер С. – ФРН
Мартинов С.Ю. – Україна	Уйма А. – Польща
Панова О.В. – Україна	Токмаджян О. – Вірменія
Пріхна Т.О. – Україна	Маргарян А. – Вірменія
Корбут В.П. – Україна	Глінцерер Г. – Австрія
Кочетов Г.М. – Україна	Лу П. – КНР
Кривомаз Т.І. – Україна	Мішо А. – Франція
Мальований М.С. – Україна	Чеховська-Косацька А. – Польща
Редько О.Ф. – Україна	
Ткаченко Т.М. – Україна	Васог Г. – Польща

## РЕГЛАМЕНТ

### 25 листопада (середа)

10:00 – 12:00	Відкриття конференції, пленарне засідання
12:00 – 14:00	I секційне засідання
15:00 – 17:00	II секційне засідання

### 26 листопада (четвер)

10:00 – 12:00	III секційне засідання
13:00 – 16:00	IV секційне засідання
16:00	Прийняття рішення та закриття конференції

## РОБОЧА ПРОГРАМА ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ

25 листопада 2020 р., 10:00, дистанційно

### Вітальні виступи:

- Голови оргкомітету, ректора КНУБА професора **КУЛІКОВА Петра Мусійовича**
- Голови правління – генерального директора ПАТ «АК Київводоканал» **НОВИЦЬКОГО Дмитра Юрійовича**

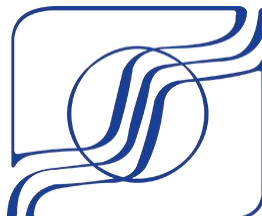
### Пленарні доповіді:

1. **Борис БАСОК**, член-кореспондент Національної Академії Наук України, завідувач відділу Інституту технічної теплофізики НАН України: **Енергетика: прогнози розвитку, моменти невизначеності**
2. **Тетяна ПРИХНА**, член-кореспондент Національної Академії Наук України, завідувач відділу Інституту надтвердих матеріалів ім.В.М.Бакуля: **Високоєфективні технології очищення питних та стічних вод**
3. **Олександр ПРИЙМАК**, доктор технічних наук, професор, декан факультету інженерних систем та екології КНУБА; **Анета ЧЕХОВСЬКА-КОСАЦЬКА**, доктор-інженер, заступник декана факультету інженерії середовища Політехніки Люблінської, республіка Польща; **Микита ОЧЕРЕТЯНКО**, аспірант кафедри теплотехніки, КНУБА; **Андрій ЄРЬОМІН**, аспірант кафедри теплотехніки, КНУБА: **Концепція цифровізації комфортної будівлі**
4. **Тетяна КРИВОМАЗ**, доктор технічних наук, професор кафедри охорони праці і навколишнього середовища КНУБА; **Дейв МІНТЕР**, доктор, CABI, IUCN, Велика Британія; **Дмитро ВАРАВІН**, США: **Трансформація урбаністичного простору внаслідок пандемії Covid-19**
5. **Гіві ГАВАРДАШВІЛЛІ**, доктор технічних наук, професор, директор Інституту водного господарства ім. Ц. Мірцхулава Грузинського технічного університету, Грузія; **Тетяна ТКАЧЕНКО**, доктор технічних наук, професор кафедри охорони праці і навколишнього середовища КНУБА; **Віктор МІЛЕЙКОВСЬКИЙ**, кандидат технічних наук, доцент кафедри теплогазопостачання і вентиляції КНУБА: **Поглиблення екологічної небезпеки міст в процесі урбанізації**

## ПАРТНЕРИ КОНФЕРЕНЦІЇ:



walraven



Київводоканал



Vailant

giz



VENTS



Danfoss



Factory of ventilation



VIESSMANN

GRUNDFOS



GEBERIT



РАЕУ

Professional Association of Ecologists of Ukraine



ВСЕУКРАЇНСЬКА  
ЕКОЛОГІЧНА  
ЛІГА



Спілка екологів України

The Society of Ecologists of Ukraine

**СЕКЦІЙНІ ЗАСІДАННЯ**

25-26 листопада 2020 р.

**Основні тематичні напрямки:****Екосистеми та водні ресурси. Інженерія. технології**

1. **КРАСНЯНСЬКИЙ Г. Ю., ГЛИВА В. А., ПАНОВА О. В., АЗНАУРЯН І. О.** Прогнозування захисних властивостей електромагнітних екранів на основі композиційних матеріалів
2. **ПРЕДУН К. М., ШЕВЧУК О. М.** Еколого-економічні проблеми житлово-комунального господарства України
3. **КОВАЛЬ Л. М.** Концепція міждисциплінарного дослідження естетичного, психологічного і фізіологічного впливу хроматичного світлового середовища на людину
4. **ВЕЛИЧКО С. В., ДУПЛЯК О. В.** Мобільні системи протипаводкового захисту на гірських річках в умовах щільної забудови міст
5. **НАЛИВАЙКО В. Г., КОНОВАЛЮК В. А.** Розробка ефективних способів і засобів нормалізації атмосфери робочих зон кар'єра
6. **РЕДЬКО І. О., БУРДА Ю. О., ЧЕРЕДНІК А. Д.** Підвищення ефективності очистки газових викидів від ливарного виробництва
7. **ВОЛОШКІНА О. С., ЖУКОВА О. Г., КОВАЛЬОВА А. В.** Дослідження якості водних ресурсів Донецько – Придніпровського регіону. Тенденції змін
8. **КОТОВЕНКО О. А., МІРОШНИЧЕНКО О. Ю., ЛАБУР Н. В.** Екологічні наслідки функціонування підприємств з виробництва уранового концентрату
9. **БАІТОВА С. М., ЖУРАВСЬКА Н. Є., ЗАЯНЧКОВСЬКА Д. В., РУДАКОВА У. В.** Моніторинг нітратів в ґрунтових водах
10. **НДІНГА М. Р., КОТОВА Т. В.** Вплив нафтової промисловості на навколишнє середовище в Конго Браззавіль
11. **СТЕФАНОВИЧ І. С., СТЕФАНОВИЧ П. І.** Загрози забруднення водних ресурсів та довкілля у львівській області
12. **ЩЕРБАКОВА О. М.** Деякі питання стратегії вдосконалення екологічного законодавства України

## Водопостачання та водовідведення. Інженерія. технології

1. **КРАВЧУК А. М., КОЧЕТОВ Г. М., КРАВЧУК О. А.** Проектування трубопроводів для рівномірного збору води вздовж шляху
2. **ГЖА О. О.** Про методику дослідження гідравлічних коефіцієнтів тертя у напірних трубопроводах
3. **САБЛІЙ Л. А., ЖУКОВА В. С., ЄПІШОВА Л. Д.** Вирішення проблем локального очищення промислових стічних вод від антибіотиків
4. **КОПАНИЦЯ Ю. Д.** Визначення сили гідростатичного тиску на сферичну поверхню в умовах відносної рівноваги рідини методом K123
5. **АРГАТЕНКО Т. В.** Удосконалення деяких елементів напірно-флотаційного очисного комплексу
6. **КВАРТЕНКО О. М., САБЛІЙ Л. А.** Біотехнологія комплексного очищення багатокомпонентних підземних вод
7. **ЕПОЯН С. М., СУХОРУКОВ Г. І., ЯРКІН В. А., ГАЙДУЧОК О. Г.** Підвищення ефективності роботи гідравлічних камер утворення пластівців
8. **ХОМУТЕЦЬКА Т., ХОРУЖИЙ В., НЕДАШКІВСЬКА Ю., НЕДАШКОВСЬКИЙ І., НОР В.** Імітаційне моделювання роботи водопровідних систем з метою енергозбереження
9. **ШЕВЧЕНКО А. О., ЗЛАТКОВСЬКИЙ О. А., ШЕВЧЕНКО Т. О.** Дослідження ефективності кондиціонування осаду методом посиленого окислення (АОР) при зневодненні надлишкового активного мулу
10. **ВАСИЛЕНКО Л. О., ВАСИЛЕНКО О. А., БЕРЕЗНИЦЬКА Ю. О.** Теоретичні засади математичного моделювання процесу очищення стічних вод гальванічних виробництв
11. **ТІРОН-ВОРОБІЙОВА Н. Б., ДАНИЛЯН А. Г.** Щодо питань забезпечення відповідності систем обробки баластних вод переглянутим вимогам G8: «чистота води»
12. **ХРИСТЕНКО А. М., ЮРЧЕНКО В. О.** Динаміка концентрації фосфатів у мембранних біореакторах
13. **ЧУШКІНА І., РУДАКОВ Д., ОРЛІНСЬКА О., ГАПІЧ Г., МАКСИМОВА Н., РУДАКОВ Л.** Порівняльна оцінка та удосконалення розрахунку фільтраційних втрат води з регулюючих басейнів зрошувальних систем
14. **ЄМЧУРА Б., ПАХОМОВ Д., КОЧЕТОВ Г., САМЧЕНКО Д.** Очистка стічних вод від іонів важких металів феритизацією з електромагнітною імпульсною активацією: дослідження впливу частоти магнітного поля



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

1. **ЗАДОЯННИЙ О. В.** Ексергетична ефективність основних психрометричних процесів в системах кондиціонування повітря
2. **КОНОВАЛЮК В. А., ФРАНЧУК Ю. Й.** Дослідження проблеми забезпечення оптимального тиску в розподільчих мережах газопостачання перед побутовими газовими приладами
3. **ПОДЕНЕЖКО Ю. О.** Опалювальний пристрій на основі фазового переходу першого рівня
4. **БАРМА Д. Б., КОЛЬЧИК Ю. М.** Особливості забезпечення енергоефективного повітрообміну мультифункціональної будівлі фармакологічного виробництва
5. **МУЛЯР А., КОЛЬЧИК Ю. М.** Перспективи використання блочно-модульних котельнь
6. **ВЕНГРИН І. І., ШАПОВАЛ С. П., ЖЕЛИХ В. М., ШЕПІТЧАК В. Б.** Дослідження енергетичних характеристик теплового фотоелектричного гібридного сонячного колектору
7. **ВАСИЛЕНКО В.** Квартирні теплові пункти HERZ. Система децентралізованого ГВП
8. **УЙМА А.** Теплові параметри та відчуття теплового комфорту при використанні теплої підлоги
9. **ЄВДОКИМЕНКО Ю. М., ЗАДОЯННИЙ О. В.** Енергоощадна система кондиціонування повітря з напівпроникною мембраною для приміщень зберігання насіння родини гарбузових

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

1. **БАСОК Б. І., БЄЛЯЄВА Т. Г., ХИБИНА М. А.** Низькопотенційні природні джерела теплоти для теплових насосів
2. **БАСОК Б. І., НЕДБАЙЛО О. М., БОЖКО І. К., ТКАЧЕНКО М. В.** Оптимальні теплотехнічні параметри повітряно-ґрунтових теплообмінників
3. **БАСОК Б. І., БЄЛЯЄВА Т. Г., ХИБИНА М. А.** Сучасні тенденції у пасивному будівництві
4. **LIS A.** Estimating the effects of reducing energy consumption for buildings heating
5. **СЕНЧУК М. П., РИБКА А. М., ЮРКО О. І.** Зниження впливу забруднення поверхонь нагріву твердопаливних теплогенераторів невеликої потужності
6. **БАСОК Б. І., ЛИСЕНКО О. М., КУЖЕЛЬ Л. М., ПРИЄМЧЕНКО В. П.** Особливості спалювання рослинних пелет у котлі малої потужності (до 30 кВт)
7. **РЕДЬКО А. О., РЕДЬКО І. О., ПАВЛОВСЬКИЙ С. В., БУРДА Ю. О., АЛФЬОРОВ С. О.** Застосування абсорбційного теплового насосу в умовах діючої ТЕЦ
8. **БАСОК Б. І., БАЗЄЄВ Є. Т.** Енергетика: прогнози розвитку, моменти невизначеності
9. **БАСОК Б. І., ГОНЧАРУК С. М., ВЕРЕМІЙЧУК Г. М.** Експериментальне дослідження теплотехнічних характеристик роботи побутового котла з пелетним пальником
10. **ГЛАМАЗДІН П. М., ДЯЧЕНКО А. А.** Збагачення киснем дуттьового повітря при спалюванні непроектного вугілля
11. **ШАПОВАЛ О. В., ЧЕПУРНА Н. В., КИРИЧЕНКО М. А.** Аналіз ефективності роботи повітряного теплового насоса в залежності від коливань температури зовнішнього повітря
12. **ГЛАМАЗДІН П. М., ГЛАМАЗДІН Д. П.** Енергоефективна модернізація котлів серії ТВГ та КВГ
13. **БАРАНОВСЬКА С. В.,** Енергоефективність експлуатаційних режимів ТЕЦ промислових підприємств

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

1. **КРАСНЯНСЬКИЙ Г. Ю., КЛАПЧЕНКО В. І., АЗНАУРЯН І. О., ГРИГОРАШ Ю. І.** Ресурсозберігаюча технологія електропровідних бетонів
2. **ЧОВНЮК Ю. В., ШИШИНА М. О., МОСКВІТІНА А. С.** Функціональний аналіз теплопровідності та в'язкості квазітвердих капілярно-пористих тіл
3. **ПАНОВА О. В., БІРУК Я. І.** Залежність захисних властивостей композиційних електромагнітних матеріалів від морфології феромагнітного наповнювача
4. **БАСОК Б. І., НОВІЦЬКА М. П.** Теплофізичне моделювання та дослідження теплотехнічних характеристик теплої водяної підлоги сухого способу укладання
5. **БАСОК Б. І., ДАВИДЕНКО Б. В., НОВІКОВ В. Г., ГОНЧАРУК С. М., КУЖЕЛЬ Л. М., ЛИСЕНКО О. М.** Виникнення автоколивань тиску в потоках теплоносіїв та розробка механізмів зменшення амплітуди цих коливань
6. **БАСОК Б. І., ДАВИДЕНКО Б. В., НОВІЦЬКА М. П., НОВІКОВ В. Г.** Вплив архітектурних особливостей будівель на теплові втрати з фасадів споруд до вітрового потоку
7. **БАСОК Б. І., ДАВИДЕНКО Б. В., ГОНЧАРУК С. М., НОВІКОВ В. Г.** Інноваційні фактори вдосконалення світлопрозорої конструкції з метою підвищення її енергоефективності
8. **БАСОК Б. І., КУЖЕЛЬ Л. М., ДАВИДЕНКО Б. В., НОВІКОВ В. Г.** Чисельні дослідження закономірностей теплопередачі через двокамерні склопакети
9. **ЧОВНЮК Ю. В., МОСКВІТІНА А. С., ШИШИНА М. О.** Термодинамічний аналіз твердіючих пасто- й рідиноподібних елементів музейних експонатів під впливом мікрокліматичних умов приміщення
10. **KOCHETOV G. M., SAMCHENKO D. N., VASILIEV A.** Recourse-saving processing of galvanic waste with obtaining of microwave absorbing ferrites
11. **KOCHETOV G., PRIKHNA T., MONASTYROV M., PRYSIAZHNA O., SAMCHENKO D., MAMALIS A.** Innovative ferritisation treatment of concentrated industrial wastewater with additional purification by nanosorbents
12. **ЧОВНЮК Ю. В., КРАВЧУК В. Т., МОСКВІТІНА А. С., ПЕФТЄВА І. О.** Чисельне моделювання нестационарної течії в'язкої нестисливої рідини у плоских каналах довільної форми теплообмінних апаратів

## ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

*Басок Б. І., чл.-кор. НАН України, Інститут технічної теплофізики НАН України*

*Бєляєва Т. Г., к.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України*

*Хибина М. А., к.ф-м.н. Інститут технічної теплофізики НАН України*

### **НИЗЬКОПОТЕНЦІЙНІ ПРИРОДНІ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОТИ ДЛЯ ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ**

Одним з відновлюваних природних джерел теплоти є ґрунт, який має здатність акумулювати і зберігати сонячну теплову енергію. Вилучення і подальше використання природної теплоти ґрунту для теплопостачання приміщень базується на застосуванні теплонасосних технологій і реалізується за допомогою ґрунтових теплообмінників.

Впродовж останніх 10 років в Інституті технічної теплофізики НАН України проводяться дослідження процесів акумулювання та вилучення теплоти ґрунту для подальшого використання в теплонасосних технологіях і низькотемпературних системах опалення. Створено полігон ґрунтових теплообмінників: ґрунтовий горизонтальний теплообмінник неглибокого залягання оптимальної конструкції; ґрунтовий свердловинний сезонний високопотенційний акумулятор теплоти.

ґрунтовий горизонтальний теплообмінник вилучає теплоту, накопичену в верхніх шарах ґрунту (глибина 1...3 м) в результаті сонячного випромінювання (прямий нагрів, осадки, теплота повітря) за допомогою системи полімерних труб, які укладені в траншеї у вигляді петель з шагом 1 м на глибину 1,65 м. Загальна площа теплообмінника складає 240 м<sup>2</sup>. По трубах циркулює теплоносій на основі водного розчину пропіленгліколя «Тепро-20», який вилучає теплоту ґрунту і передає її до випарника теплового насосу. В результаті проведених багаторічних досліджень отримано масив експериментальних даних по температурному режиму поверхневого шару ґрунтового масиву в період вилучення природної теплоти ґрунту (опалювальний сезон) і в період його природного відновлення (літній період) в залежності від добових і сезонних коливань температури повітря. Встановлено, що за літній період ґрунт відновлює свій температурний потенціал.

Для проведення досліджень по тривалому акумулюванню теплоти в ґрунті та її вилученню та використанню в теплонасосній системі опалення було побудовано експериментальний сезонний ґрунтовий акумулятор теплоти, який складається з «куща» вертикальних ґрунтових теплообмінників U- подібного типу різної конфігурації. Вертикальні однотипні двопетльові теплообмінники встановлені в свердловинах глибиною 20,5 м та утворюють правильний шестикутник, що обмежує основну область акумулювання. В центрі шестикутника розташовано трипетльовий U-подібний теплообмінник. На зовнішніх стінках труб теплообмінників рівномірно по довжині закріплені датчики температур. Проведені дослідження температурного режиму ґрунтового масиву в залежності від добових і сезонних коливань температури повітря. Дослідження змін середньомісячних температур ґрунту на різній глибині показали, що чітко простежується тенденція зниження різниці екстремальних значень температури з ростом глибини, нижче

глибини 5,5 м температурний режим ґрунту протягом року стабільний. Аналіз цих експериментальних даних дозволяє організувати ефективну експлуатацію ґрунтового акумулятора теплоти і оптимально збалансувати систему ґрунтового акумулятора - тепловий насос.

*Басок Б. І., чл.-кор. НАН України, Інститут технічної теплофізики НАН України*  
*Недбайло О. М., д.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України*  
*Божко І. К., Інститут технічної теплофізики НАН України*  
*Ткаченко М. В., Інститут технічної теплофізики НАН України*

## **ОПТИМАЛЬНІ ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ ПОВІТРЯНО-ҐРУНТОВИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ**

Останнім часом велика кількість досліджень присвячена вивченню та вдосконаленню технологій використання теплового потенціалу ґрунту для потреб опалення та охолодження будинків. Відновлювана теплота ґрунту може використовуватися в системах обігрівання та вентилявання приміщень різного призначення.

В загальному розумінні на ефективність теплообміну в повітряно-ґрунтових теплообмінниках можуть впливати такі фактори, як глибина розміщення теплообмінника, його геометричні розміри і конструкція, значення температури ґрунту і повітря, теплофізичні властивості ґрунту і матеріалу, із якого виготовлений теплообмінник, витрата повітря через систему, а також кліматичні особливості місцевості тощо.

Лінійна густина теплового потоку між ґрунтом та повітрям при експлуатації повітряно-ґрунтового теплообмінника слабо залежить від зовнішнього діаметру трубопроводу теплообмінника на початку та в кінці опалювального періоду.

В середині опалювального періоду вплив зовнішнього діаметру трубопроводу на лінійний тепловий потік вже значно суттєвіший. Так, при переході від діаметру 110 мм до 160 мм, лінійний тепловий потік збільшується, в середньому, на 30%. При переході від діаметру 160 мм до 200 мм зростання лінійного теплового потоку зменшується і складає 16%.

Влітку спостерігається схожа ситуація. При переході від діаметру 110 мм до 160 мм, лінійний тепловий потік збільшується, в середньому, на 32%, при переході від діаметру 160 мм до 200 мм – на 19%.

Таким чином, оптимальним з точки зору квазістаціонарності лінійного теплового потоку є використання трубопроводу зовнішнім діаметром 160 мм.

В теплий період року при значних добових коливаннях температури зовнішнього повітря розглянутий теплообмінник працює в режимі регенератора.

Добові коливання температури атмосферного повітря впливають на температурний стан поверхневого шару ґрунту на глибину біля 60 см. Температурний вплив роботи повітряно-ґрунтового теплообмінника на масив ґрунту розповсюджується на відстань до 30 см. Значні погодні коливання температури атмосферного повітря впливають на температурний стан масиву ґрунту до глибини 2,25 м.

Зіставлення результатів розрахунку з експериментальними даними показало, що запропонована числова модель адекватно описує процеси аеродинаміки та теплообміну в повітряно-ґрунтовому теплообміннику.

Проведені комплексні експериментальні дослідження та порівняння їх даних із результатами розрахунків за розробленою числовою моделлю складних процесів теплообміну надали можливість провести порівняльний аналіз теплотехнічних параметрів повітряно-ґрунтових теплообмінників із різним діаметром трубопровода.

Таким чином, для експлуатації рекуперативної вентиляції взимку та кондиціонування повітря влітку, при даній протяжності повітряно-ґрунтового теплообмінника, відповідних теплофізичних властивостях ґрунту та витраті повітря, оптимальним є використання пластикових труб із зовнішнім діаметром 160 мм.

*Краснянський Г. Ю., к.ф.-м.н., Київський національний університет  
будівництва і архітектури*

*Глива В. А., д.т.н., Національний авіаційний університет*

*Панова О. В., к.т.н., Київський національний університет будівництва і  
архітектури*

*Азнаурян І. О., Київський національний університет будівництва і архітектури*

## **ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ЕКРАНІВ НА ОСНОВІ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ**

Одним з найбільш ефективних засобів захисту людини від шкідливого біологічного впливу електромагнітних полів є електромагнітні екрани, проте теоретичні та технологічні основи їх виробництва і використання розроблені недостатньо, що вимагає проведення додаткових розрахункових і експериментальних досліджень.

Метою роботи є теоретичні дослідження захисних властивостей композиційних матеріалів на основі діелектричної матриці з дрібнодисперсним електропровідним компонентом в НВЧ-діапазоні, в тому числі – розробка математичної моделі, яка дозволяла б не тільки правильно визначати екрануючі характеристики, але й прогнозувати властивості композицій.

Вирази для коефіцієнтів ослаблення та відбивання електромагнітної хвилі, яка падає на матеріал, отримані з використанням залежностей діелектричної проникності й електропровідності композиту від концентрації електропровідного компоненту, які були виведені нами раніше на підставі гіпотези подібності в рамках решітчастої моделі вузлів теорії протікання при врахуванні ненульової провідності діелектричної матриці.

Аналіз отриманих результатів показує, що при наближенні концентрації електропровідного компоненту до порогової величини відбувається різке зростання коефіцієнту ослаблення поряд з більш повільним зростанням коефіцієнту відбивання. Це дозволяє зробити висновок, що при відповідному доборі складу композиції може бути отримано матеріал, що забезпечує значне

поглинання електромагнітного випромінювання композиційним матеріалом при достатньо низькому відбиванні.

Отримані результати дають можливість розрахункового проектування електромагнітних екранів на основі композиційних матеріалів з потрібними для конкретних умов коефіцієнтами поглинання та відбивання електромагнітних хвиль.

*Краснянський Г. Ю., к.ф.-м.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Клапченко В. І., к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Азнаурян І. О., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Григораш Ю. І., Київський національний університет будівництва і архітектури*

## **РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ ЕЛЕКТРОПРОВІДНИХ БЕТОНІВ**

Електропровідні бетони (бетели) знаходять своє застосування в гідротехнічному, енергетичному і транспортному будівництві.

Оптимізація процесу виготовлення бетелів полягає, зокрема, в точному призначенні мінімальної кількості електропровідної добавки, необхідної для отримання матеріалу з заданою електропровідністю.

На основі аналогії з теорією фазових переходів (гіпотези подібності) і теорії протікання отримані рівняння для розрахунку електропровідності бетелів в залежності від концентрації електропровідних добавок. Вони дозволяють призначати концентрацію добавок у діапазоні 10...20% за об'ємом, що забезпечує задану електропровідність матеріалу в межах  $10^{-3} \dots 10^{-2}$  (Ом·м)<sup>-1</sup>. Для бетелів, які виготовляються методом пресування, отримано співвідношення, що зв'язує концентрацію електропровідного компоненту у вихідній суміші та тиск пресування, котрі необхідні для отримання матеріалу з заданим значенням електропровідності. Перевірка теоретичних залежностей показала відповідність розрахованих і виміряних величин з точністю до 15%.

Попередній розрахунок за методикою, що пропонується, дозволяє досягти суттєвої економії електропровідного компоненту, необхідного для отримання матеріалу з заданими електричними властивостями, за рахунок точного призначення кількості електропровідної добавки в залежності від тиску пресування, що забезпечує наявне обладнання. В цілому отримані рівняння дозволяють оптимізувати склад і технологію приготування бетелів, що забезпечує зниження вартості за рахунок економії електропровідного компоненту та підвищення будівельно-технічних характеристик матеріалу.

**Кравчук А. М.**, д.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Кочетов Г. М.**, д.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Кравчук О. А.**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

## **ПРОЕКТУВАННЯ ТРУБОПРОВІДІВ ДЛЯ РІВНОМІРНОГО ЗБОРУ ВОДИ ВЗДОВЖ ШЛЯХУ**

На основі раніше отриманих авторами аналітичних розв'язків диференціальних рівнянь, які описують рух рідини в напірних перфорованих трубопроводах постійного перерізу, розроблена методика інженерного розрахунку величини змінної за довжиною каналу площі отворів перфорації, що забезпечує рівномірний притік рідини вздовж шляху. Застосування таких труб в очисних спорудах дозволить підвищити ефективність їх роботи. Визначено, що рівномірне надходження рідини за довжиною труби може бути забезпечено тільки нерівномірною перфорацією її стінок. При цьому максимальну перфорацію стінок трубопроводу слід забезпечувати в початкових перерізах каналу, а мінімальну в їх кінці. За приведеними формулами побудовані відповідні графіки. Запропоновані зручні емпіричні залежності для визначення гідравлічного коефіцієнта тертя і коефіцієнта витрати отворів перфорації для розглядуваного випадку. Результати розрахунків за запропонованою методикою підтверджені результатами експериментальних досліджень.

**Човнюк Ю. В.**, к.т.н., Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Шишина М. О.**, Київський національний університет будівництва і архітектури

**Москвітін А. С.**, Київський національний університет будівництва і архітектури

## **ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ ТА В'ЯЗКОСТІ КВАЗІТВЕРДИХ КАПІЛЯРНО-ПОРИСТИХ ТІЛ**

Приведений фундаментальний аналіз теплопровідності та в'язкості квазітвердих капілярно-пористих тіл (КПТ). Отримана система диференціальних рівнянь у частинних похідних по часовим та просторовим координатам, що описує адекватно процес теплопровідності у квазітвердих КПТ, врахована й анізотропія теплових параметрів КПТ, зокрема, його коефіцієнтів теплового розширення та теплопровідності: Для аналізу в'язкості квазітвердих КПТ визначена дисипативна функція для ізотропного й анізотропного випадків. Врахування в'язкості у рівняннях руху може бути здійснене шляхом заміни тензора напружень на тензор, який додатково враховує ще й «дисипативний» тензор напружень.



**Prikhna T.**, *Corr. Member of NASU , Dr. Sci. (Engineering), V. Bakul Institute for Superhard Materials of the National Academy of Sciences of Ukraine (NASU)*

**Monastyrov M.**, *Open International University of Human Development «Ukraine»*

**Prysiazhna O.**, *PhD, Kyiv National University of Construction and Architecture*

**Kochetov G.**, *Dr. Sci. (Engineering), Kyiv National University of Construction and Architecture*

**Talanchuk P.**, *Dr. Sci. (Engineering), Open International University of Human Development «Ukraine»*

**Halbedel B.**, *Dr. Sci. (Engineering), Technische Universität Ilmenau, Institute of Materials Engineering, Germany*

## **INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF WASTEWATER AND DRINKING WATER PURIFICATION**

The application of EDSC – electroerosion dispersion, sorption and coagulation (using in-situ dispersion in plasma of aluminium or iron) allowed efficient water purification from heavy metal ions and radioactive alkali ions (of Fe, Cr, Cu, Mo, Zn, Co, Ni, Cd, Mn, As, Sn, Pb, Al, Ba, Co, Cs and Sr) as well as from organic contaminations. While for water cleaning from the «heavy» organic contaminations (such as liquid waste of landfills) the intensive ozonization should be applied because of intensive foam formation as a result of complex electro-hydrodynamic effect during EDSC. The method of electroerosion dispersion is very effective for production of nano- and submicron powders (5 nm – 3 µm) of metals, oxides, nitrides and carbides as well as for recycling of any conductive materials such as cemented carbides, alloys of heavy metals, any metallic waste products etc. The iron oxide polyvalent magnetic nanoparticles produced by electroerosion dispersion have considerable interest in many fields of research and application due to their attractive properties. They have high potential for applications in the field of biomedical sciences (diagnostics and therapy), in agriculture, for ferrofluids, catalysis, colored pigments, high-density magnetic recording, printer toners, Li-ion batteries, wastewater treatment and absorption of electromagnetic waves.

**Гіжа О. О.**, *к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

## **ПРО МЕТОДИКУ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ТЕРТЯ У НАПІРНИХ ТРУБОПРОВОДАХ**

При проведенні аналізу існуючих залежностей по розрахунку опорів у напірних трубопроводах при турбулентному режимі було виявлено суттєві недоліки цих рекомендацій.

Було показано, що прийняті на даний момент розрахункові формули дають значні відхилення від експериментальних даних, що в свою чергу призводить до помилок у визначення гідравлічного коефіцієнта тертя (до 40%). Це говорить про неможливість застосування деяких загально прийнятих залежностей для визначення втрат напору, оскільки це також впливає на неточності у розрахунках пропускну здатності трубопроводів.

Порівнюючи велику кількість експериментальних даних з існуючими розрахунковими залежностями і аналізуючи їхні недоліки, було запропоновано використовувати деякі базові фактори (такі, як гідравлічний коефіцієнт тертя у квадратичній області опору  $\lambda_{\text{кв}}$  і відносне число Рейнольдса  $\frac{Re}{Re_{\text{кв}}}$ ), які більш точно характеризують гідравлічний коефіцієнт тертя. А це суттєво позначається на точності визначення втрат напору. В роботі показано відповідні графіки для вказаних базових факторів і запропоновано аналітичні залежності для їхнього розрахунку для різних типів труб.

Проведені дослідження характеризують новий підхід до визначення гідравлічних опорів в напірних трубопроводах, а удосконалена методика дозволяє більш точно розраховувати трубопроводи різного призначення при русі різних рідин з різною температурою.

*Панова О. В., к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Бірук Я. І., Київський національний університет будівництва і архітектури*

### **ЗАЛЕЖНІСТЬ ЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОЗИЦІЙНИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ МАТЕРІАЛІВ ВІД МОРФОЛОГІЇ ФЕРОМАГНІТНОГО НАПОВНЮВАЧА**

Композити діелектричних матриць з наповнювачами з металевих та металомістких елементів є ефективними матеріалами в сфері екранування електромагнітних полів. Їх ефективність полягає в можливості регулювання коефіцієнта поглинання та відбиття за рахунок зміни геометричних характеристик наповнювача. Теорія говорить, що зміна форми частинок на мікрорівні суттєво впливає на захисні властивості і це дозволить створювати захисні матеріали з тими самими властивостями, але меншою вагою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій в цій сфері показав, що через відсутність єдиних засад керування ефективністю електромагнітних екранів за рахунок регулювання морфології, виникає багато протиріч та невідповідностей.

Залежність захисних властивостей матеріалу від форми частинок визначають коефіцієнтом деполяризації  $F = \left(1/d\right)^2$ , і згідно розрахунків найбільший коефіцієнт деполяризації притаманний саме сферичній структурі – 0,69.

Також для прогнозування захисних властивостей екрануючих матеріалів прийнято за формулою Оделевського обраховувати критичну концентрацію наповнювача. Але дослідження робіт показує невідповідність експериментальних даних теоретичним розрахункам. Зокрема, виявлено, що не дивлячись на ретельне перемішування у тілі матриці все одно утворюються хаотичні протяжні структури, і це обумовлює різницю між теоретичними (39% критичної концентрації) і експериментальними (12...15%) даними. Тому для прогнозування захисних властивостей дрібнодисперсних наповнювачів доцільно використовувати дані електрофізичних та магнітних властивостей самого

матеріалу, а достатньо коректні результати обрахунків можна отримати використовуючи формулу Дебая для діелектричної проникності матеріалу.

**Басок Б. І.**, чл.-кор. НАН України, Інститут технічної теплофізики НАН України

**Бєляєва Т. Г.**, к.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України

**Хибина М. А.**, к.ф-м.н., Інститут технічної теплофізики НАН України

## **СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ У ПАСИВНОМУ БУДІВНИЦТВІ**

З часів розробки стандарту пасивного будинку (1988 р.), Інститут пасивного будинку (м. Дармштадт, Німеччина) започаткував нові категорії для сертифікації енергоефективних будівель пасивного типу: «*Passive House Classic*» («Класичний пасивний будинок»), «*Passive House Plus*» («Пасивний будинок плюс») та «*Passive House Premium*» («Пасивний будинок преміум»), зосередивши увагу на критерії відновлюваної первинної енергії. Споживання енергії на опалення пасивного будинку, як і раніше, не може перевищувати 15 кВт·год/(м<sup>2</sup> на рік). Цей критерій залишається незмінним для застосування. Замість об'єму спожитої первинної енергії, використовується об'єм спожитої первинної енергії від відновлюваних джерел енергії: для категорії класичний пасивний будинок це значення становить 60 кВт·год/(м<sup>2</sup> на рік), для пасивного будинку плюс – 45 кВт·год/(м<sup>2</sup> на рік), пасивний будинок преміум – 30 кВт·год/(м<sup>2</sup> на рік). Кількість сертифікованих будинків пасивного типу щороку зростає, з дотриманням стандарту пасивного будівництва будуються житлові будинки: багатоповерхові та на одну сім'ю, офісні центри та університети, адміністративні будівлі, спортивні споруди тощо. У інтернет-мережі будівлі пасивного типу, у тому числі сертифіковані, представлені на карті світу, що регулярно оновлюється. Функціонує база даних пасивних споруд, яка є спільним проектом Інституту пасивного будинку, *Passive House Services GmbH*, *IG Passive House Germany* і Міжнародної асоціації пасивних будинків (*IPHA*). У базу даних включені проекти готових пасивних будинків та будинків, що будуються, щорічно проводяться дні відкритих дверей, коли всі бажаючі можуть завітати до будинків пасивного типу та з перших рук отримати інформацію про досвід проживання, рівень комфорту, про затрати на опалення та про особливості функціонування інших систем будинку.

В ІТТФ НАН України розроблена концепція створення експериментального енергоефективного будинку пасивного типу та здійснено його будівництво. Будинок створювався як науково-технічна та технологічна теплофізична лабораторія з послідовною реалізацією наступного ланцюжка: будинок високої енергоефективності (75 кВт·год/м<sup>2</sup> на рік) – пасивний будинок (15 кВт·год/м<sup>2</sup> на рік) – будинок «нуль енергії» – «розумний» будинок – будинок як *micro smart-grid* система. Загальна площа експериментального будинка становить 300 м<sup>2</sup>. Питомі теплові втрати будинку складають 14,3 кВт·год/(м<sup>2</sup> на рік). Розрахункові значення теплової потужності систем: опалення – 2,6 кВт; гарячого водопостачання – 3,4 кВт; припливно-витяжної вентиляції – 5,7 кВт. Широко використовуються відновлювальні джерела енергії:

теплота ґрунту, сонячна енергія, енергія вітра. Створено автоматизовану вимірювальну систему, що включає автоматизовані безперервні вимірювання полів температур, теплових потоків, вологості, тиску, зовнішніх кліматичних параметрів. Датчики та вимірювальні прилади розміщені в будівельних конструкціях, в приміщеннях, в навколишньому ґрунті та повітрі.

*Lis A., EngD, Czestochowa University of Technology, Republic of Poland*

## **ESTIMATING THE EFFECTS OF REDUCING ENERGY CONSUMPTION FOR BUILDINGS HEATING**

Maintaining the current level of production and living standards, while caring for the environment and good health condition of societies, is possible due to rational management of energy resources and proper shaping of the energy performance of erected buildings, as well as improving the characteristics of existing buildings. The essence of implementing a deep thermal modernization program for existing buildings is to achieve benefits, not only economic but also environmental, functional, community, social, integration and others. About 70 % of energy in the buildings is consumed for heating and hot water preparation. Households are the largest heat consumers. In the article, the analysis of the effects of heat consumption reduction was performed for residential buildings. The basic effects of conducted thermal modernization relate to economic issues associated *with* the reduction of fuel, water and electricity consumption, and thus incurred fees. The effects also refer to reducing the amount of air pollution, improving indoor microclimate conditions and user safety, as well as eliminating energy poverty and stimulating public awareness of energy-saving activities.

*Сенчук М. П., к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Рибка А. М., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Юрко О. І., Київський національний університет будівництва і архітектури*

## **ЗНИЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХОНЬ НАГРІВУ ТВЕРДОПАЛИВНИХ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРІВ НЕВЕЛИКОЇ ПОТУЖНОСТІ**

Проаналізовано дослідження забезпечення теплової ефективності конвективних поверхонь нагріву твердопаливних котлів шляхом їхнього періодичного чищення. Розглянуто різні фактори, що впливають на ступінь забруднення теплообмінних поверхонь, які омиваються газами продуктів згорання. Розглянуто можливості зниження негативного впливу цих забруднень.

Показано, що за конструкції теплогенераторів невеликої теплопродуктивності, конвективний пакет яких здебільшого з одно- та двоходовим горизонтальним рухом димових газів, можливе посилене нарощування забруднення поверхонь, особливо при зміні інтенсивності процесу спалювання. Відмічено, що при малій частоті чищення початкові пухкі нестійкі відкладення, які легко піддаються очищенню, можуть перетворюватися на щільні спечені утворення. За наявності останніх важко досягти необхідної чистоти поверхні, і,

відповідно, прийняттого коефіцієнта теплової ефективності.

Обґрунтовано неефективність і трудомісткість ручного чищення та доцільність застосування механізованого чищення конвективних поверхонь опалювальних твердопаливних котлів невеликої теплопродуктивності.

Описано конструктивну схему твердопаливного теплогенератора з механізованим очищенням вертикального трубчастого конвективного пакету комбінованими турбулізаторами спеціальної конструкції.

Проведено розрахунковий порівняльний аналіз економічності роботи твердопаливного котла теплопродуктивністю 0,63 МВт за умови збільшення частоти чищення конвективних поверхонь механічними пристроями, що забезпечує досягнення рівномірності наявного теплового навантаження впродовж тривалої експлуатації. Упровадження такого класу котельного обладнання є перспективним в комунальній енергетиці для зменшення трудомісткості обслуговування й економії паливних ресурсів.

**Задояний О. В.**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

### **ЕКСЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ОСНОВНИХ ПСИХРОМЕТРИЧНИХ ПРОЦЕСІВ В СИСТЕМАХ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ**

Процеси нагрівання, охолодження, зволоження й осушення повітря в будівлях потребують ретельних досліджень для коректної оцінки їх енергоощадності. Сучасні методи обчислення показників енергоощадності базуються на ексергетичному аналізі, який надає можливість коректно визначати відносні й абсолютні показники енергоощадної та оцінювати чисельно в одиницях енергії деструкцію та втрати ексергії в функціональних елементах та енергетичних потоках, зміну ентропії тощо.

Системи кондиціонування повітря будівель і споруд призначені для забезпечення технологічних та комфортних параметрів повітря – температури, відносної вологості та рухливості повітряного потоку в приміщеннях і є найбільш енергоємними інженерними системами, а тому потребують детальних досліджень з визначенням енергетичних показників.

В даній роботі на підставі теоретичних та практичних досліджень наведено результати розрахунків показників ексергетичного аналізу – відносних – ексергетичних коефіцієнтів корисної дії (ЕККД) "нетто" та "брутто" та абсолютних – ексергетичних втрат та витрат – для основних психрометричних процесів в системах кондиціонування повітря. У вказаних системах варто оцінювати два відносних показника енергоощадності – ексергетичні коефіцієнти корисної дії "нетто" та "брутто". Перший визначає відношення корисно витраченої ексергії повітря в процесі до всієї, що змінилась, ексергії повітря. Другий – "брутто" – є відношенням тої самої корисної ексергії повітря до витраченої ексергії енергоносія, завдяки якому було здійснено даний процес.

Ексергетичний коефіцієнт корисної дії «нетто» розраховують із залежності

$$\eta_e^{net} = \frac{\sum_i \Delta e_{a,us}}{\sum_j \Delta e_{a,con}}, \quad (1)$$

де  $\sum_i \Delta e_{a,us}$  – питоме значення корисно витраченої ексергії повітря в процесі, кДж/кг;  $\sum_j \Delta e_{a,con}$  – питоме значення витраченої ексергії повітря у відповідному процесі, кДж/кг.

Ексергетичний коефіцієнт корисної дії «брутто» розраховано із залежності

$$\eta_e^{brt} = \frac{\sum_i \Delta e_{a,us}}{\sum_j \Delta e_{en}}, \quad (2)$$

де  $\sum_j \Delta e_{en}$  – питоме значення ексергії енергоносіїв, що витрачено на здійснення корисного ефекту, кДж/кг енергоносія.

За вказаними залежностями було прораховано основні психрометричні процеси з обробки повітря в центральних кондиціонерах. Результати розрахунків показали, що ЕККД вказаних процесів для обладнання, яке найчастіше використовують на вітчизняних об'єктах ( з етичних міркувань фірми-виробники не розголошуються ), складає від 10 до 90% в залежності від параметрів обробки повітря та енергоносія. Так, наприклад, для процесу осушення повітря з конденсацією вологи в теплий період року ексергетична ефективність складає: ЕККД "нетто" – 11,24%; ЕККД "брутто" – 3,95% при температурі зовнішнього повітря – 305°К. Абсолютні ексергетичні втрати при цьому склали 0,492 кВт для повітря та 9,791 кВт для холодоносія.

Оцінку показників енергоощадності СКП, їх елементів та вузлів за наведеними залежностями та методиками, які базуються на ексергетичному аналізі, варто використовувати для забезпечення виконання вимог державних будівельних норм з енергозбереження.

**Коновалюк В. А.**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Франчук Ю. Й.**, Київський національний університет будівництва і архітектури

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ТИСКУ В РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖАХ ГАЗОПОСТАЧАННЯ ПЕРЕД ПОБУТОВИМИ ГАЗОВИМИ ПРИЛАДАМИ**

Проведено аналіз фактичних значень абсолютного тиску газу в наявних системах газопостачання. Визначено, що при експлуатації газових мереж населених пунктів виникають зони пониженого тиску, в яких пальники побутових газових приладів не можуть працювати в передбаченому заводами-виробниками режимі. Це призводить до зниження теплової потужності газопальникового пристрою та перевитрати палива. Зниження теплової потужності пальників побутових газових приладів відбувається внаслідок погіршення інжекції, недостатнього змішування газу з повітрям, оскільки спалювання відбувається в режимі, відмінному від номінального.

Досліджено динаміку періодичних знижень фактичних тисків у вуличній мережі газопостачання, ввідних газопроводах та перед пальниками газових приладів населеного пункту. Розраховані величини перепадів тиску у газорозподільній мережі впродовж року та зміни тиску перед пальниками

побутових газових приладів вітчизняного та європейського виробництва.

Визначено, що зменшення фактичного тиску від нормативного перед пальниками газових приладів у зимовий період може сягати близько 30 % для приладів вітчизняного виробництва і 50 % для приладів виробництва країн Європейського Союзу.

Запропоновано ряд рекомендацій щодо реконструкції й експлуатації розподільчих мереж газопостачання, врахування яких дозволить підтримувати значення тиску перед побутовими газовими приладами на рекомендованому в інструкціях з експлуатації рівні.

*Предун К. М., к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Шевчук О. М., Київський національний університет будівництва і архітектури*

## **ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ**

Системи тепло-, газо- та електропостачання населених пунктів України сьогодні є прикладом неефективного використання паливно-енергетичних ресурсів у державі. Заміна основного палива – природного газу – для потреб джерел теплоти, електроенергії альтернативним (місцевим) дає уявну економію коштів місцевих бюджетів в умовах децентралізації державного управління (за рахунок різниці цін природного газу та інших органічних видів палива). Водночас, такі заходи породжують ряд інших проблем. Збільшення забруднення навколишнього природного середовища – одна із них.

Проаналізовано законодавче забезпечення, тарифну політику, вимоги чинних в Україні нормативно-правових актів щодо екологічної безпеки, виробництва та продажу теплоти й електроенергії кінцевим споживачам. Відповідно до них розглянуто заміну природного газу альтернативними видами палива. Визначено прогнозовані вартість отриманої енергії, викиди забруднювальних речовин і парникових газів до атмосферного повітря. Отримано показники емісії, які базуються на даних щодо фізико-хімічного складу й витрати кожного з видів палива з урахуванням характеристик процесів спалювання та заходів щодо зменшення викидів того чи іншого інгредієнту.

Виконано порівняльний аналіз видів палива щодо впливу на довкілля продуктів згоряння, а також безпосередньо вартість самого палива. У сільській місцевості після перетворення відходів сільськогосподарського виробництва та обробки деревини як вторинної сировини в якісне біопаливо, доцільно запроваджувати заміну традиційного природного газу альтернативним паливом. У міських населених пунктах за рахунок реалізації заходів щодо підвищення енергоефективності наявних будівель і споруд можливе зменшення споживання традиційного природного газу, а заощаджені кошти можуть бути спрямовані на їхню термомодернізацію. Це дозволить залишити основним органічним паливом для потреб централізованого теплопостачання найбільш екологічне – природний газ.

*Коваль Л. М., канд. мистецтвознавства, Київський національний університет будівництва і архітектури*

### **КОНЦЕПЦІЯ МІЖДИСЦИПЛІНАРНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ЕСТЕТИЧНОГО, ПСИХОЛОГІЧНОГО І ФІЗІОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ ХРОМАТИЧНОГО СВІТЛОВОГО СЕРЕДОВИЩА НА ЛЮДИНУ**

У доповіді представлено та теоретично обґрунтовано концепцію міждисциплінарного дослідження естетичного, психологічного та фізіологічного впливу хроматичного світлового середовища на людину. Також визначено, що основними умовами практичного втілення цієї концепції є забезпечення комплексного впливу хроматичного освітлення на користувача як через органи зору, так і через шкіру, в межах середовища для проведення дослідження; організація хроматичного світлового середовища – цілісного, безперервного і позбавленого будь-яких додаткових семантичних нашарувань; усунення можливих проявів блискавості та засліплення користувача шляхом використання для дослідження простору, який складається з внутрішніх поверхонь із рівномірно розсіяним освітленням помірної яскравості; проведення одночасного комплексного аналізу естетичного, психологічного й фізіологічного впливу кольорового світла на користувача в середовищі його перебування. У майбутньому при продовженні дослідження в даному напрямку доцільно виявити та проаналізувати основні показники комфортності світлового середовища для користувача з метою визначення шляхів підвищення його енергоефективності без втрат якості освітлення.

*Басок Б. І., чл.-кор. НАН України, Інститут технічної теплофізики НАН України*

*Новіцька М. П., к.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України*

### **ТЕПЛОФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОЇ ВОДЯНОЇ ПІДЛОГИ СУХОГО СПОСОБУ УКЛАДАННЯ**

Використання систем підлогового опалення є ефективним способом досягнення теплового комфорту користувачів в енергоефективних будівлях. В роботі наведені теоретичні дослідження тепло-технічних параметрів системи теплої водяної підлоги сухого способу укладання. Система сухого монтажу, що розглянута в роботі, складається із утеплювача (пінополістирол) на якому розташовані труби системи опалення, що контактують із алюмінієвою теплорозподільною пластиною, та покрита зверху фінішним покриттям.

Розрахунок проводився на основі системи рівнянь імпульсу і енергії та виконаний для стаціонарного режиму експлуатації системи підлогового опалення. Валідація моделі проведена із використанням результатів експериментальних досліджень. Представлено висновки про те що, дану конфігурацію системи підлогового опалення можливо використовувати в системах опалення житлових і нежитлових приміщень. Алюмінієва теплорозподільна пластина суттєво впливає на теплообмінні процеси в системі. Завдяки алюмінієвим теплорозподільним



пластинам відбувається вирівнювання теплового потоку в площині поверхні підлоги, що позитивно впливає на тепловий розподіл та зменшує термічні напруження в фінішному покритті. Використання керамічної плитки збільшує загальну ефективність теплообміну системи із повітрям приміщення. Збільшення товщини плити пінополістиролу збільшує величину густини теплового потоку з поверхні теплої підлоги. До збільшення густини теплового потоку із поверхні підлоги також призводить збільшення витрати та температури теплоносія.

*Саблій Л. А., д.т.н., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

*Жукова В. С., к.т.н., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

*Єпішова Л. Д., КП «Харківводоканал»*

## **ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ЛОКАЛЬНОГО ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТИЧНИХ ВОД ВІД АНТИБІОТИКІВ**

Представлено технологію локального очищення стічних вод від антибіотиків, яка ґрунтується на послідовному використанні фізико-хімічних методів очищення та дозволяє видалити зі стічних вод антибіотики та супутні їм речовини до вимог нормативних документів і відвести очищені стічні води в міську систему водовідведення. Для дослідження було використано модельні розчини цефуроксиму – антибіотика цефалоспоринового ряду у дистильованій воді з концентрацією 25 і 35 мг/дм<sup>3</sup>. ХСК модельних розчинів становить, відповідно, 90 і 120 мг/дм<sup>3</sup>. Ефект зниження показника ХСК при коагуляції і відстоюванні стічних вод у випадку використання сульфату заліза III становив 79,2% і 75%, що вище на 4,2...6,7% ніж при застосуванні сульфату алюмінію. Встановлено зміну показника ХСК стічних вод фармацевтичного підприємства за етапами їх очищення: «аерація – коагуляція сульфатом заліза III – відстоювання – окиснення – фільтрування». Після фільтрації ефект зниження показника ХСК становив 95,8...100% при початкових значення 120 і 90 мг/дм<sup>3</sup>, відповідно.

Розроблено технологію локального очищення стічних вод від антибіотиків, яка ґрунтується на послідовному використанні фізико-хімічних методів очищення та дозволяє видалити зі стічних вод антибіотики та супутні їм речовини до вимог нормативних документів і відвести очищені стічні води в міську систему водовідведення. Застосування фармацевтичними підприємствами розробленої технології локального очищення стічних вод від антибіотиків та супутніх їм речовин призведе до забезпечення вимог скиду виробничих стічних вод у міську систему водовідведення, до суттєвого зниження небезпеки впливу антибіотиків на мікроорганізми активного мулу біологічних очисних споруд міста, до зменшення експлуатаційних витрат на досягнення гранично-допустимих скидів (ГДС) стічних вод у природну водойму.

*Величко С. В., к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Дупляк О. В., к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

## **МОБІЛЬНІ СИСТЕМИ ПРОТИПАВОДКОВОГО ЗАХИСТУ НА ГІРСЬКИХ РІЧКАХ В УМОВАХ ЩІЛЬНОЇ ЗАБУДОВИ МІСТ**

Останні двадцять років спостерігаються значні зміни клімату, які призводять до формування інтенсивних опадів, і, як наслідок – до зростання паводкових витрат та підвищення рівнів проходження паводків рідкої повторюваності. В той же час спостерігається звуження заплави внаслідок впливу як природних чинників (накопичення наносів, підвищення відміток дна, захаращення русла тощо), так і антропогенних факторів, зокрема, інтенсивної забудови заплави. В Європейських містах в якості одного з елементів захисту все активніше використовуються мобільні протипаводкові системи.

Особливістю проходження паводку на гірських річках України є їх невелика тривалість (3-5 днів) і значна швидкість підйому води, що вимагає швидкого реагування та простоти встановлення тимчасових бар'єрів. Метою роботи було визначення оптимальних мобільних конструкцій протипаводкового захисту міських територій в умовах інтенсивних гірських паводків. Були проаналізовані існуючі мобільні системи та досвід їх використання в країнах Євросоюзу. Вартість мобільних систем значно перевищує вартість будівництва захисних земляних дамб і за наявності достатньої для будівництва території не має економічного підґрунтя. Але в умовах щільної забудови використання мобільних систем захисту від паводків стає економічно виправданою альтернативою постійним захисним спорудам, оскільки не вимагає додаткового постійного місця та не перегороджує доступ до річки.

Ефективному використанню мобільних бар'єрів повинне передувати картування зон затоплення з точним визначенням території, яку необхідно захищати. Як показав досвід, час збирання мобільних бар'єрів становить в середньому 1 годину на 100 м без урахування тривалості доставки зі складу, тому необхідним є впровадження автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи раннього прогнозування та оповіщення відповідальних органів про загрозу надзвичайних паводків. Встановлення мобільних систем вимагає залучення людських ресурсів, які мають проходити періодичні злагодження. Обладнання необхідно швидко доставити до місця призначення, що потребує залучення техніки для транспортування та додаткових площ для складування матеріалів. Отже основні вимоги до мобільних систем: невелика вага, простота та швидкість збирання конструкції, її надійність при роботі, вимоги до зберігання та можливість періодичних тренувань. Авторами були проаналізовані системи з задалегідь встановленим фундаментом сегментного типу, стінки, що складаються, з високим фундаментом та мобільні дамби (туби). В умовах щільної забудови вище перерахованим вимогам в більшій мірі відповідають системи з встановленим задалегідь фундаментом (підземним або у вигляді парапету) секційного типу.

*Копаниця Ю. Д., к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

### **ВИЗНАЧЕННЯ СИЛИ ГІДРОСТАТИЧНОГО ТИСКУ НА СФЕРИЧНУ ПОВЕРХНЮ В УМОВАХ ВІДНОСНОЇ РІВНОВАГИ РІДИНИ МЕТОДОМ K123**

Відсутність сучасних універсальних комп'ютерних алгоритмів аналітичного та чисельного моделювання та розрахунку сили гідростатичного тиску є проблемою при проектуванні окремих елементів водно-шламової системи збагачувальної фабрики. Визначення параметрів вектору рівнодійної сили гідростатичного тиску – величини, напрямку й розрахунок координат центру тиску у тривимірному просторі – дозволяє проектувати надійні елементи вивантаження продукту у процесах освітлення, згущення та сепарації в системах, які використовують відцентрове прискорення в умовах відносної рівноваги рідини.

Запропоновано авторський універсальний алгоритм – метод трьох команд K123 – розрахунку параметрів вектору сили гідростатичного тиску на криволінійну поверхню в умовах відносної рівноваги рідини. На прикладі тиску на сферичну поверхню, яка обертається із певною частотою, представлено розрахунок сили тиску на довільний елемент поверхні. Представлені алгоритми дозволяють підвищити ефективність проектування елементів автоматичного керування вивантаження освітленого або згущеного продукту у водно-шламових системах збагачувальної фабрики.

*Аргатенко Т. В., к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

### **УДОСКОНАЛЕННЯ ДЕЯКИХ ЕЛЕМЕНТІВ НАПІРНО-ФЛОТАЦІЙНОГО ОЧИСНОГО КОМПЛЕКСУ**

Запропоновано ряд удосконалень схем напірно-флотаційної обробки промислових стічних вод. Розглядаються класичний варіант організації схеми напірної флотації з компресорним нагнітанням повітря в вертикальний сатуратор та схема з горизонтальним трубчастим сатуратором. Для класичного варіанту пропонується повна відмова від компресора за рахунок використання можливості насоса всмоктувати атмосферне повітря через окремі пристрій за типом ротаметра разом з робочою рідиною з накопичувальної ємності. Такі зміни дозволять суттєво зменшити капітальні витрати за рахунок ціни компресора та експлуатаційні витрати за рахунок відповідного споживання компресором електроенергії. Врахувавши недоліки трубчастого сатуратора, пропонується варіант, який збереже переваги горизонтального розташування ємності для розчинення у воді повітря і водночас гарантує від можливості потрапляння у флотатор нерозчиненого атмосферного повітря, як це може траплятися у вертикальному сатураторі. Система сатурації складається з кількох окремих трубчастих елементів, розташованих з ухилом 0,002...0,005 за рухом рідини і закріплених на спільній рамі. Таке конструювання системи сатурації повітря у робочу рідину дає можливість уникнути небезпеки проривання нерозчиненого повітря безпосередньо у флотатор.

**Квартенко О. М.**, д.т.н., Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

**Саблій Л. А.**, д.т.н., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

## **БІОТЕХНОЛОГІЯ КОМПЛЕКСНОГО ОЧИЩЕННЯ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ПІДЗЕМНИХ ВОД**

Підземні води є складною багатокомпонентною системою, яка характеризується різними величинами ступеня агресивності, рН, гідрокарбонатної лужності, солевмісту, загальної твердості, перманганатної окисності, окисно-відновного потенціалу, містить іони важких металів (ІВМ), легкоокиснювані органічні сполуки, гумінові кислоти, розчинені гази, а також неорганічні сполуки, які містять азот ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ), феноли, фосфати.

Більшість з існуючих в Україні станцій очищення підземних вод було введено в експлуатацію в середині 70-х років ХХ століття за технологією фільтрування із спрощеною аерацією, яка не передбачала комплексного видалення наведених вище забруднень. Тому у сучасних умовах актуальним завданням є розробка нових енерго- та ресурсозберігаючих технологій, які б забезпечили комплексне очищення підземних вод.

Метою роботи є проведення аналізу сучасних технологій, які базуються на біохімічному методі очищення підземних вод, вибору раціональних значень параметрів середовищ, необхідних для росту й розвитку найбільш розповсюджених у світі груп феробактерій, а також виявлення механізмів процесів комплексного біологічного очищення підземних вод від сполук феруму, амонійного нітрогену, розчинених органічних речовин, які містяться у таких водах, в контактному завантаженні біореакторів.

В роботі наведено склад феробактерій та характеристика їх природних середовищ існування, що свідчить про можливість їх використання в якості співтовариств в біореакторах для проведення комплексних процесів очищення підземних вод від забруднюючих інгредієнтів. Розглянуто механізми формування матричної структури *bio*-мінералів в міжпоровому просторі контактного завантаження, а також можливі механізми видалення органічних та мінеральних сполук феруму, амонійного нітрогену, розчинених органічних сполук при очищенні слабокислих, нейтральних та біля нейтральних підземних вод.

Надана загальна характеристика запропонованої біотехнології комплексного очищення багатокомпонентних підземних вод. Зокрема відзначено, що крім біореакторів до складу технологічного обладнання входять: аераційні пристрої, блок дозування розчину кальцинованої соди (при очищенні слабокислих підземних вод із низьким лужним резервом  $< 2,0$  ммоль/дм<sup>3</sup>), освітлювальні фільтри із системою гідроавтоматичної промивки, блок знезараження. Використання біотехнологій в галузі очищення підземних вод не потребує великих капітальних та експлуатаційних витрат.

*Епоян С. М., д.т.н, Харківський національний університет будівництва та архітектури*

*Сухоруков Г. І., к.т.н, Харківський національний університет будівництва та архітектури*

*Яркін В. А., к.т.н., КП «Харківводоканал»*

*Гайдучок О. Г., к.т.н., Харківський національний університет будівництва та архітектури*

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ГІДРАВЛІЧНИХ КАМЕР УТВОРЕННЯ ПЛАСТІВЦІВ**

З метою підвищення ефективності роботи гідравлічних камер утворення пластівців (вихрових, коловоротних, із шаром завислого осаду та ін.) пропонується нова конструкція обертально-вихрової камери утворення пластівців, яка вбудована в горизонтальний відстійник і складається не менше як з двох секцій з вертикальними стінками, на дні яких розташовано не менше двох розподільних труб з соплами-насадками. Сопла улаштовані під кутом до дна камери та направлені в противобіг. Відстань між штуцерами з соплами-насадками та кут нахилу сопел залежить від фізико-хімічних показників якості води та витрат.

Експериментальні дослідження проводилися на моделі натурної споруди у масштабі 1:8, яка складалася із 2-х робочих секцій камери. Кожна секція відділена одна від одної водонепроникною перегородкою. Для розподілу потоку води в камері утворення пластівців прокладені дві труби на яких розташовані штуцери з соплами-насадками. В першій секції встановлено 4 штуцера з соплами-насадками по 2 шт. на кожній трубі, а в другій 6 штуцерів з соплами-насадками по 3 шт. на кожній трубі. Діаметр сопел приймався 6, 8, 10 мм. Подачу замутовача проводили в резервуар вихідної води. Як коагулянт використовували сірчаноокислий алюміній.

При дослідженні роботи обертально-вихрової камери утворення пластівців були проведені досліді, дані яких дозволили вивчити вплив кута нахилу сопел-насадок на коефіцієнт об'ємного використання робочих секцій камери утворення пластівців при різних градієнтах швидкості. Виконана якісна оцінка роботи камери шляхом вивчення процесу осідання пластівців в робочих секціях камери при різних градієнтах швидкості та кутах нахилу сопел-насадок.

Таким чином, дослідження запропонованої обертально-вихрової камери утворення пластівців дають можливість визначити оптимальні параметри при яких споруда буде працювати найбільш ефективно.

*Басок Б. І., чл.-кор. НАН України, Інститут технічної теплофізики НАН України*  
*Давиденко Б. В., д.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України*  
*Новіков В. Г., к.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України*  
*Гончарук С. М., к.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України*  
*Кужель Л. М., к.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України*  
*Лисенко О. М., к.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України*

## **ВИНИКНЕННЯ АВТОКОЛИВАНЬ ТИСКУ В ПОТОКАХ ТЕПЛОНОСІЇВ ТА РОЗРОБКА МЕХАНІЗМІВ ЗМЕНШЕННЯ АМПЛІТУДИ ЦИХ КОЛИВАНЬ**

Періодичні автоколивальні процеси, що супроводжують підведення теплоти в потік стисливого середовища, є важливим фактором, який треба враховувати при проектуванні теплоенергетичного обладнання. Термоакустичні автоколивання можуть виникати при конвекційному підведенні теплоти в потік від стороннього джерела, або при спалюванні паливних сумішей в різних теплових пристроях. На сьогоднішній день цей процес в багатьох випадках є некерованим. Автоколивання тиску можуть створювати суттєві знакозмінні механічні навантаження на конструкцію топкового пристрою, що може привести до його механічного руйнування. Цей режим може також змінювати умови теплообміну. Тому важливою проблемою є визначення залежності характеристик автоколивань від рівня теплового навантаження на систему, а також від геометричних характеристик та режимних параметрів роботи топкових пристроїв.

Для визначення механізмів виникнення автоколивань тиску та розробки заходів, що попереджують їх руйнівний вплив на теплоенергетичне обладнання, виконується чисельне моделювання динаміки повітряної течії та перенесення теплоти у вертикальному каналі при локальному внутрішньому підведенні теплоти в потік. Вихідна система рівнянь включає рівняння перенесення імпульсу для стисливого середовища, рівняння нерозривності та рівняння енергії. За результатами їх чисельного розв'язання досліджується зміна у часі швидкості та тиску в потоці. Визначаються амплітуда та частота автоколивань тиску, а також їх залежності від висоти каналу та потужності джерела теплонадходження. Показано, що на характеристики автоколивань впливає наявність додаткового гідравлічного опору в каналі.

На підставі одержаних результатів чисельних досліджень запропоновано заходи для зменшення амплітуди автоколивань тиску. Серед них – розосередження по довжині каналу внутрішніх джерел надходження теплоти, зміна величини додаткового гідравлічного опору та місцезнаходження об'єкту, що його створює.

*Наливайко В. Г., к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Коновалюк В. А., к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

## **РОЗРОБКА ЕФЕКТИВНИХ СПОСОБІВ І ЗАСОБІВ НОРМАЛІЗАЦІЇ АТМОСФЕРИ РОБОЧИХ ЗОН КАР'ЄРА**

У зв'язку зі збільшенням глибини кар'єрів однією з головних проблем при розробці родовищ відкритим способом є забезпечення нормальних санітарно-гігієнічних умов в атмосфері кар'єрів, здатних гарантувати безпечну та високопродуктивну роботу.

За даними натурних досліджень отримані залежності зміни концентрацій оксиду вуглецю зі збільшенням глибини кар'єру. Встановлено, що при низькому вологовмісті повітря підвищення концентрації оксиду вуглецю спостерігається у верхніх шарах атмосфери кар'єру, а при високому вологовмісті - в нижній його частині.

На підставі аналізу отриманих даних встановлено, що для кар'єрів Криворізького басейну необхідно здійснення ряду заходів з оздоровлення атмосфери, оскільки при певних метеорологічних умовах (наприклад, при швидкості вітру на поверхні до 3 м/с) вплив вітрової енергії на повітрообмін в нижніх горизонтах кар'єрів недостатній. Для винесення і розсіювання шкідливих домішок з кар'єрного простору необхідний повітрообмін можна забезпечити шляхом інтенсифікації природного повітрообміну за рахунок створення в нижніх шарах атмосфери робочих зон позитивного або негативного градієнту температур.

Розрахунково-аналітичними і експериментальними дослідженнями встановлено, що для інтенсифікації повітрообміну в глибокому кар'єрі доцільно застосовувати установки імпульсного зрошення за допомогою дрібнодисперсного аерозолю, що вільно витає в просторі.

Для поліпшення умов праці по газопиловому фактору на нижніх горизонтах глибоких кар'єрів була розроблена установка імпульсного дрібнодисперсного зрошення ІДДЗ (водяна гармата), при пострілі якої проводиться розпилення води вздовж горизонтального напрямку. Установка ІДДЗ складається з: напірного апарату типу «вода-повітря», встановленого на рамі разом з повітрозабірником і паливним баком, запірного органу, поворотного пристрою зі стволом, системи подачі палива, запалювання та газообміну, шафи дистанційного управління. Установка характеризується безмашинним перетворенням енергії. Вода в атмосферу витісняється газами, які утворюються при спалюванні стиснутої паливної суміші. Високі тиски виплеску отримуються при порівняно низьких питомих витратах енергії (0,26...0,3 г бензину, газу або іншого виду палива на літр води).

Досліджувалась ефективність роботи установок з різними характеристиками: велика гармата (дальність польоту струменя – 200 м, обсяг води, що викидається за цикл – 1000 л) та мала гармата (дальність польоту струменя – 100 м, обсяг води, що викидається за цикл – 200 л). Результати експерименту свідчать, що для провітрювання і очищення повітря в запиленому

об'ємі атмосфери нижніх горизонтів глибоких кар'єрів більшу ефективність має застосування великої водяної гармати при достатній тривалості роботи протягом 40 хв.

Кількість установок вибирається із умови потреби зрошувальної рідини для ефективного провітрювання застійної зони або із умов інтенсивності пило- та газовиділення на цій ділянці. Розрахунки слід проводити індивідуально для кожного кар'єру з урахуванням його географічного розташування, впливу рози вітрів, наявності додаткових факторів, що впливають на повітрообмін.

Установка імпульсного дрібнодисперсного зрошення в період між вибухами та інтенсифікацією повітрообміну в кар'єрі може бути використана для боротьби з пилом, що витає в атмосфері кар'єру та прилеглий території. Особливо це стосується вузлів концентрації гірничого і транспортного устаткування на горизонтах кар'єру (перевантажувальні майданчики, застійні зони в тупикових вибоях, при проходці траншей і т.ін).

Застосування установок імпульсного дрібнодисперсного зрошення дозволить виконувати внутрішньокар'єрні технологічні роботи на глибині понад 500 метрів із застосуванням автотранспортної системи доставки руди на перевантажувальні пункти циклічно-поточної технології.

*Поденежко Ю. О.*, Київський національний університет будівництва і архітектури

## **ОПАЛЮВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ НА ОСНОВІ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДУ ПЕРШОГО РІВНЯ**

Опалювальні пристрої широко використовуються в інженерних системах сучасних будівель. На даний час існує широкий спектр нагрівальних пристроїв, що здатні забезпечити комфорт у різноманітних приміщеннях. Перспективним напрямком проектування нових опалювальних пристроїв є підвищення економічності та ефективності конструктивних рішень за рахунок рівномірного та швидкого нагріву всієї поверхні опалювального пристрою та зниження інерційності системи опалення.

Представлено результати розробки опалювального пристрою на основі фазового переходу першого рівня. В якості вторинного теплоносія використовується рідина з низькою температурою кипіння. Досліджено принцип роботи опалювального пристрою, визначено теплову потужність при різних температурах теплоносія. Виявлено основні переваги та недоліки даного опалювального пристрою. Зокрема, встановлено, що при випаровуванні вторинного теплоносія відбувається рівномірний нагрів поверхні опалювального пристрою, а зниження температури кипіння вторинного теплоносія може бути забезпечено при створенні вакууму у корпусі опалювального пристрою. Для більш ефективної роботи пристрою необхідно збільшувати його площу, при цьому намагатися мінімізувати витрати на виробництво та матеріали. Організація автоматизованого технологічного процесу виготовлення інноваційних опалювальних приладів дозволить значно скоротити матеріальні витрати на виробництво.



*Волошкіна О. С., д.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Жукова О. Г., к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Ковальова А. В., Київський національний університет будівництва і архітектури*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ДОНЕЦЬКО – ПРИДНІПРОВСЬКОГО РЕГІОНУ. ТЕНДЕНЦІЇ ЗМІН**

Якість вод водних об'єктів формується під впливом як природних, так і антропогенних факторів. В результаті людської діяльності в водойми може надходити багато антропогенних речовин різного ступеня токсичності. Забруднюють водойми стоки сільськогосподарських і промислових підприємств, стічні води населених пунктів.

В даному дослідженні зроблена спроба оцінити зміни якості поверхневих вод за останнє десятиліття та визначити ступінь природно-техногенної трансформації річок регіону, можливість їх самовідновлення та стабілізації стану екологічної безпеки регіону.

В досліджуваному нами регіоні розташовані водний басейн Сіверського Дінця та річок Приазов'я. Донецько-Придніпровський регіон займає близько 19 % території України. Тут розташовані майже 5 тисяч підприємств металургійної, хімічної, енергетичної, машинобудівної, гірничої, вугільної та інших галузей.

Оцінити стан техногенного забруднення водних екосистем в повній мірі немає можливості, що пов'язано з відсутністю регулярних відборів проб та проведенням АТО.

За досліджуваний період поверхневі води у створах вздовж водотоку річки Сіверський Донець на основі Інтегрального показника якості води (категорія) відносяться переважно до III класу якості 4 категорії (задовільні, слабо забруднені). Найбільш забрудненими притоками на основі Інтегрального показника якості води (категорія) є річки: Казенний Торець і Бахмутка, які відповідають III класу якості 5 категорії (посередні, помірно забруднені).

Концентрації сольових показників, біогенних, органічних, специфічних речовин незначно коливаються на рівні минулого року та середньобагаторічних показників. Відзначається перевищення середньорічних ГДК по: БСК<sub>5</sub> 1,5-2,2 ГДК, азоту амонійному до 2,8 ГДК, залізу загальному до 2,2 ГДК, марганцю 2,8-11,3 ГДК, міді 2,5-4,3 ГДК, нафтопродуктам до 2,4 ГДК, нітратам до 5,2 ГДК, хрому (VI) – 3,8-7,5 ГДК, цинку 1,3-2,6 ГДК. Кисневий режим задовільний. Вміст токсикологічних інгредієнтів в створах по руслу р. Сіверський Донець нижчий за межу визначення методик; в створах суббасейнів – значно нижче встановлених ГДК.

Проаналізовано показники, отримані під час моніторингу в 2020 році та проведено їх порівняння з даними періодичного моніторингу. Зроблено висновок про суттєве погіршення якості майже по всіх якісних та кількісних показниках водних екосистем.

**Басок Б. І.**, чл.-кор. НАН України, Інститут технічної теплофізики НАН України  
**Лисенко О. М.**, к.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України  
**Кужель Л. М.**, к.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України  
**Приємченко В. П.**, Інститут технічної теплофізики НАН України

## **ОСОБЛИВОСТІ СПАЛЮВАННЯ РОСЛИННИХ ПЕЛЕТ В КОТЛІ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ (ДО 30 КВТ)**

Останнім часом все більшої актуальності для України набуває задача скорочення споживання дорогого імпортного палива – природного газу, а також збільшення частки використання відновлювальних та альтернативних джерел енергії. Це особливо важливо в сьогоdnішніх умовах економічної кризи, зростання цін на енергоносії та ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів. Україна – агропромислова країна, що має великий потенціал для виготовлення та застосування пелет рослинного походження. Оскільки відходи від сільськогосподарського виробництва є природним висококалорійним джерелом енергії, то розроблення технологій та устаткування для спалювання біопалива аграрного походження є актуальною задачею, що обумовлена також і екологічним станом довкілля.

В Інституті технічної теплофізики НАН України для дослідження особливостей спалювання пелет була розроблена та впроваджена експериментальна установка твердопаливного котла з пелетним пальником. За допомогою розробленої системи вимірювання на основі гребінки з термопарами, яка розташована над факелом в котлі, виконувались дослідження температурного режиму в об'ємі котла та визначались особливості процесу спалювання пелет в пальнику. При проведенні експериментальних досліджень використовувались зразки рослинних пелет, а саме соломи ячменю, соломи пшениці та гранули із качанів кукурудзи. На отриманих графіках відображались зміни у часі температурного стану об'єму котла на стадії розпалу пелет, їх горіння та затухання. На основі побудованих графічних залежностей було визначено характерні особливості температурних режимів роботи котла при спалюванні різних видів агропелет. Також запропонована технологія спалювання біопалива дозволила вирішити проблему зі склованням золи.

**Басок Б. І.**, чл.-кор. НАН України, Інститут технічної теплофізики НАН України  
**Давиденко Б. В.**, д.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України  
**Новіцька М. П.**, к.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України  
**Новіков В. Г.**, к.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України

## **ВПЛИВ АРХІТЕКТУРНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ БУДІВЕЛЬ НА ТЕПЛОВІ ВТРАТИ З ФАСАДІВ СПОРУД ДО ВІТРОВОГО ПОТОКУ**

Відомо, що основними джерелами тепловтрат є кінцеві споживачі енергії - житлові, громадські та виробничі будівлі. Оцінка ефективності використання теплоти в зазначених об'єктах та їх інженерних системах, незалежно від їх складності, ґрунтується на застосуванні теплового балансу, що відображає кількісну сторону теплових процесів. У тепловому балансі будівель і споруд

основні тепловтрати відбуваються через огорожувальні конструкції. Величини цих тепловтрат в багатьох випадках визначаються архітектурними особливостями споруд, а також умовами їх аеродинамічної взаємодії з вітровим потоком.

У даній роботі наведені результати чисельного дослідження тепловіддачі з зовнішніх поверхонь окремо розташованих споруд в приземному шарі атмосфери. Чисельні моделі споруди мають однакову площу поверхні тепловіддачі, але різні висоти і довжини. Чисельне моделювання тепловіддачі споруд в вітровому потоці в тривимірній постановці дозволило встановити деякі особливості теплопередачі через огорожувальні конструкції в залежності від висоти будівлі і характеристик вітрового потоку. Зокрема, показано, що середні по поверхні значення густини теплового потоку зростають із збільшенням висоти будівлі.

*Човнюк Ю. В., к.т.н., Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*Москвітін А. С., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Шишина М. О., Київський національний університет будівництва і архітектури*

### **ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ АНАЛІЗ ТВЕРДІЮЧИХ ПАСТО- Й РІДИНОПОДІБНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МУЗЕЙНИХ ЕКСПОНАТІВ ПІД ВПЛИВОМ МІКРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ ПРИМІЩЕННЯ**

У зв'язку із розвитком механізації ряду технологічних процесів у найрізноманітніших галузях промисловості зараз прискореними темпами розширюється кількість операцій, пов'язаних з формулюванням різноманітних структурних середовищ. До таких операцій можна віднести переробку, транспортування вповодж трубопроводів й формування полімерних розчинів й розплавів, будівельних сумішей, харчових мас, які представляють собою або нелінійні рідини, або пластоподібні середовища (наприклад, лаки, фарби, тощо) зі складним характером течії. Механіка таких середовищ характеризується спектрами в'язких, пластичних та пружних властивостей у різних їх сполученнях. Вивчення та керування процесом структуроутворення для отримання середовища/тіла із заданими властивостями є важливою технологічною задачею. Зміна структурного стану твердіючого середовища/тіла може бути оцінена за відповідними змінами пластичної та звичайної механічної міцності, ступеня гідратації, тепловиділення, модуля пружності та ін. У даній роботі під структуроутворенням розуміють процес, у результаті котрого характеристики матеріалу наближаються до характеристик відповідного капілярно-пористого тіла (КПТ), а основним параметром, який визначає це наближення, є степінь завершеності структуроутворення. Аналіз процесу твердіння розглядуваних пасто- й рідиноподібних середовищ/тіл на основі діаграми вологісного стану дозволяє фіксувати структурний стан капілярно-пористої структури вказаних середовищ й оцінювати взаємодію хімічних реакцій і процесу структуроутворення, а отримані зміни швидкості структуроутворення – виявляти й оцінювати деструктивні процеси, які відбуваються при твердінні речовини.

*Редько А. О., д.т.н., Харківський національний університет будівництва та архітектури*

*Редько І. О., д.т.н., Харківський національний університет будівництва та архітектури*

*Павловський С. В., к.т.н., Харківський національний університет будівництва та архітектури*

*Бурда Ю. О., к.т.н., Харківський національний університет будівництва та архітектури*

*Алфьоров С. О., Харківський національний університет будівництва та архітектури*

## **ЗАСТОСУВАННЯ АБСОРБЦІЙНОГО ТЕПЛООВОГО НАСОСУ В УМОВАХ ДІЮЧОЇ ТЕЦ**

Залежність людства від енергетичних ресурсів тільки збільшується із розвитком науково-технічного прогресу і вже стає зрозумілим, що незабаром запас природних енергоресурсів вичерпається. Рішення полягає у застосуванні нових технологій вироблення енергії на основі альтернативних та вторинних джерел. Завдяки наявності в Україні діючих ТЕЦ існує можливість виробництва теплової енергії за рахунок використання вторинної теплоти за допомогою теплових насосів абсорбційного типу. При цьому, тепла енергія димових газів та пара з парових турбін не опалюють атмосферу, а залучаються до вироблення теплової енергії для теплових мереж населених пунктів. Завдяки здатності розчину абсорбенту поглинати та конденсувати водяну пару під впливом низько потенційного та високо потенційного теплоносіїв вдається значно знизити споживання традиційних енергоресурсів та підвищити загальну ефективність роботи ТЕЦ.

*Редько І. О., д.т.н., Харківський національний університет будівництва та архітектури*

*Бурда Ю. О., к.т.н., Харківський національний університет будівництва та архітектури*

*Череднік А. Д., к.т.н., Харківський національний університет будівництва та архітектури*

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИСТКИ ГАЗОВИХ ВИКИДІВ ВІД ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА**

Доповідь присвячена актуальній проблемі підвищення ефективності очистки технологічних газів у скруберах насадкового типу з метою зниження викидів шкідливих речовин і твердих домішок в атмосферу та підвищення техніко-економічних показників систем мокрої газоочистки. Промислова газоочистка необхідна для видалення з газу твердих та рідких частинок, шкідливих домішок, уловлювання цінних матеріалів. Всі ці заходи необхідні для зменшення забруднення атмосферного повітря та зниження негативного впливу на подальшу обробку газу. Отриманий пил складається з твердих частинок розмірами в межах

3...100 мкм. Речовини, що утворюються в результаті конденсації парів (нафтові дими, тумани смол, сірчаної кислоти, тощо), складаються з дуже дрібних частинок розмірами від 0,002 до 1,2 мкм. Пил містить тверді частинки розміром від 1 до 500 мкм; дими – від 0,1 до 1 мкм. Тумани складаються з крапельок рідини розміром 0,03...5 мкм. Утворюються вони в результаті конденсації пари чи при розпиленні рідини в газі. Розглядаються найефективніші типи мокрої газоочистки та відзначаються її переваги та недоліки. Робота газоочисних апаратів заснована на промиванні газу рідиною. Газ промивається водою або іншим робочим розчином. При цій взаємодії відбувається процес його очищення – метод мокрого очищення. Таким способом можна очистити газ від частинок будь-якого розміру.

*Басок Б. І., чл.-кор. НАН України, Інститут технічної теплофізики НАН України*  
*Давиденко Б. В., д.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України*  
*Гончарук С. М., к.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України*  
*Новіков В. Г., к.т.н. Інститут технічної теплофізики НАН України*

### **ІННОВАЦІЙНІ ФАКТОРИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СВІТЛОПРОЗОРОЇ КОНСТРУКЦІЇ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЇЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ**

Особливо важливу увагу сьогодні в Україні приділяють проблемі енергозбереження. Ціни на теплоту та електроенергію з кожним роком зростають, що робить проблеми економії енергетичних ресурсів та теплового захисту огорожувальних конструкцій особливо актуальними. Зазвичай основні теплові втрати в будівлях припадають на вікна. Підвищенню теплоізоляційної спроможності віконних конструкцій сприятимуть ряд факторів, серед яких слід відзначити:

- наявність в склопакеті скла з низькоемісійним покриттям, що призводить до зменшення кількості теплової енергії, яка втрачається за рахунок радіаційної складової теплового потоку через склопакет;
- застосування енергозберігаючої плівки на поверхні скла;
- наповненість прошарку між склом інертним газом (аргоном, криптоном, тощо), або вакуумування цього прошарку;
- багатокамерність в склопакеті/профілі рами;
- застосування в склопакетах алюмінієвих, пластикових чи спеціальних «тепліх» дистанційних рамок;
- товщина скла та відстань віконного прошарку між склом;
- повітропроникність віконної стулки;
- теплоізоляція віконних відкосів зовнішніх стінових конструкцій;
- розміщення вікна відносно пройми стіни;
- використання теплоізоляційних ставнів;
- створення теплової зависи у віконній конструкції, або можливості вентиляції внутрішнього прошарку між склом теплим повітрям);
- забезпечення електропідігріву скла в світлопрозорій конструкції, тощо.

З метою обґрунтування заходів з вдосконалення віконної конструкції в ІТТФ НАН України був створений експериментальний стенд з дослідження перелічених

вище факторів. Для вимірювання температурних характеристик та тепловтрат через світлопрозорі конструкції та інші ділянки поверхонь огорож розроблено переносний 96-ти каналний блок теплової реєстрації, який дозволяє в умовах реальної експлуатації будівлі досліджувати температурний стан будь-якої будівельної огорожувальної конструкції (ОК). В результаті експериментальних досліджень було проаналізовано розподіл теплових потоків та температур на зовнішній і внутрішній поверхнях різноваріантних світлопрозорих ОК. Крім того, створені теплофізичні моделі для дослідження теплопереносу через різні варіанти світлопрозорих ОК, з використанням яких визначено закономірності радіаційно-конвекційних складових теплового потоку, що проходять через склопакет.

**Kochetov G. M.**, *Dr. Sci. (Engineering), Kyiv National University Of Construction And Architecture*

**Samchenko D. N.**, *PhD, Kyiv National University Of Construction And Architecture*

**Vasiliev A.**, *Dr., East Tennessee State University, Johnson City, USA*

## **RECOURSE-SAVING PROCESSING OF GALVANIC WASTE WITH OBTAINING OF MICROWAVE ABSORBING FERRITES**

The increasing of environmental safety level of industrial enterprises is considered as result of realization of resource- and energy saving technology for processing galvanic sludge by hydrophase ferritisation method. The possibility of obtaining Ni-Cu-Zn ferrites by treatment of galvanic sludge based on of ferritization technology has been studied. Influence of different technological parameters and activation methods of the ferritisation process: thermal and electromagnetic pulse at temperatures of 75 ° C and 20 ° C, respectively, on qualitative and quantitative phase content of ferrite sediments has been experimentally determined. The method of electromagnetic pulse activation provides the appropriate degree of heavy metal ions extraction – 99.96%, and also has undeniable energy advantages over thermal, since energy consumption is reduced more than 60%. The efficiency of electromagnetic pulse discharges with magnetic induction amplitude of 0.298 T and a pulse frequency from 0.5 to 10 Hz to obtain environmentally friendly ferrite precipitates has been confirmed. The use of Ni-Cu-Zn ferrite powder for production of coatings that shield the electromagnetic rays in the ultrahigh frequency range is proposed. Obtained sediments have maximum content of crystalline ferromagnetic phases of ferrites - more than 93%. The proposed resource-saving ferritisation process prevents environmental pollution, ensures efficient and rational use of raw materials and energy in industry, as well as allows to obtain marketable products from industrial waste.

*Котовенко О. А., к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Мірошниченко О. Ю., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Лабур Н. В., Київський національний університет будівництва і архітектури*

## **ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ З ВИРОБНИЦТВА УРАНОВОГО КОНЦЕНТРАТУ**

В Україні задоволення потреб в сировині для атомної енергетики на 30% досягається за рахунок експлуатації нині діючих українських родовищ в Кіровоградській області та переробки видобутої уранової руди в урановий концентрат. Ці переробні підприємства є не тільки джерелами загального техногенного навантаження на довкілля, але й джерелами радіаційного ризику.

Нині в Україні єдиним працюючим підприємством з переробки урану є гідрометалургійний завод (ГМЗ) в м. Жовті Води. Ще одно підприємство подібного типу – Придніпровський хімічний завод (ПХЗ) у Кам'янському було закрито у 1991 році.

Проведено аналіз технології одержання концентрату урану з уранової руди і виявлені основні джерела радіаційного забруднення. Досліджено хімічний склад відходів виробництва та їх вплив на компоненти довкілля. При обробці уранової руди 15% всієї радіоактивності, що міститься у руді, переходить у концентрат. Після розпаду короткоживучих ізотопів у відходах виробництва («хвостах») залишається 70% радіоактивності. Особливим джерелом забруднення є хвостосховища виробництв (шламовідстійники, шламонакопичувачі, відвали кам'янистих відходів). У складі аерозолів переважають (75%) продукти розпаду урану,  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Po}$ . Інтенсивність виділення Rn з хвостосховищ коливається в межах 17...30 Бк/(м<sup>2</sup>·с), іноді перевищуючи фонові показники у 10000 разів. 97% Ra, що міститься в урановій руді, не розчиняється в процесі вилуговування і стає безперервним джерелом міграції радону як у повітря, так і в ґрунтові води. У районі ГМЗ є два хвостосховища: «Щ» з 37 млн.т. відходів і «КБЖ».

В районі Кам'янського 10 хвостосховищ, 7 з яких знаходяться безпосередньо в самому місті із загальною кількістю відходів – 40 млн.т РАР активністю 45 тис. Ки. Окрім того, проммайданчик ПСЖ при закритті не був дезактивований, його активність складає 60...3000 мкР/год. Всі хвостосховища знаходяться в аварійному стані – не працюють насосні станції, а трубопровід повністю зруйнований.

Дослідження показали, що хвостосховища є основним джерелом довгострокового (до 1000 років) забруднення довкілля.

*Басок Б. І, чл.-кор. НАН України, Інститут технічної теплофізики НАН України*  
*Кужель Л. М., к.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України*  
*Давиденко Б. В., д.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України*  
*Новіков В. Г., к.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України*

## **ЧИСЕЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ ЧЕРЕЗ ДВОКАМЕРНІ СКЛОПАКЕТИ**

У відповідності до Нової енергетичної стратегії України до 2035 року одним із основних завдань для економіки в цілому та в секторах економіки на визначений період стратегічного планування має стати підвищення термічного опору огорожувальних конструкцій у будівлях (теплоізоляція стін, дахів і підвалів, заміна вікон і дверей), запровадження механізмів стимулювання енергоефективності в житловій сфері та підтримка ініціатив з підвищення енергоефективності будівель. Відомо, що досить великий відсоток тепловтрат припадає на віконні конструкції. Для визначення характеру впливу профілю віконної рами та пристінкової області примикання вікна на теплопередачу через склопакети, було виконано чисельне (CFD) моделювання радіаційно-конвекційного переносу теплоти через двокамерний склопакет, що встановлений в трикамерний профіль рами. Таке компонування світлопрозорої конструкції найбільше застосовуються в сучасних житлових і громадських будівлях. За результатами чисельного моделювання було визначено розподіл температури і швидкості руху повітря в прошарку між поверхнями скла, а також визначено величини коефіцієнту теплопередачі через склопакет. Встановлено особливості розподілу густини теплового потоку по поверхнях склопакету. Отримані розрахункові результати щодо теплопередачі через склопакети в межах випадкової похибки задовільно узгоджуються з експериментальними даними, які були отримані незалежно.

В результаті проведених чисельних досліджень було встановлено області віконної конструкції, де відбуваються найбільші втрати теплоти. Знайдено також зони, де температура знижується до «точки роси». Це може приводити до утворення конденсату на поверхнях віконних конструкцій. Для запобігання цього процесу потрібно застосовувати профілі рам з більшою кількістю камер. Доцільним також є застосування додаткового утеплення у вигляді віконного короба, що розміщується в зоні віконного прорізу. Він має бути виготовлений з матеріалу, що має низьку теплопровідність. Для зменшення радіаційної складової теплопереносу, на поверхні камер склопакетів слід наносити низькоемісійні покриття.



*Басок Б. І., член-кор. НАН України, Інститут технічної теплофізики НАН України*

*Гончарук С. М., к.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України*

*Веремійчук Г. М., Інститут технічної теплофізики НАН України*

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОБОТИ ПОБУТОВОГО КОТЛА З ПЕЛЕТНИМ ПАЛЬНИКОМ**

Понад 90% енергії з біомаси отримують шляхом прямого спалювання. Характеристики палива, вартість обладнання та потужність енергетичного обладнання є визначними показниками під час вибору технології спалювання. Практичні дослідження та впровадження енергетичного використання біомаси, яке розвивається найбільшими темпами, є технології прямого спалювання деревини у вигляді кускових дров, відходів деревообробки, брикетів, тріски та гранул або пелет. Ряд вітчизняних компаній вже реалізували випуск котлів для спалювання деревини як для побутового використання, так і для промислових споживачів.

Результати експериментальних досліджень, що проводилися з метою визначення теплофізичних характеристик процесів спалювання деревних пелет в котлах, висвітлені в наукових роботах, що підтверджують актуальність даного дослідження. За результатами експериментів визначалися теплові режими топкового простору, зокрема, розподіли температури в топковому об'ємі котлів. Досліджувалися також концентрації продуктів згоряння в димових газах в залежності від конструкційних особливостей котла, від температурних режимів спалювання, витрати повітря тощо.

В рамках дослідження по визначенню теплофізичних характеристик процесу спалювання пелетного палива в насипному шарі експерименти проводилися з використанням пелетного пальника марки Пеллетрон-15. Цей пальник призначений для застосування в системах опалення житлових, офісних або виробничих приміщень шляхом його облаштування для твердопаливних котлів.

Для визначення закономірностей процесу спалювання пелет в пальнику та теплотехнічних характеристик роботи побутового котла з пелетним пальником виконувалися дослідження температурного режиму об'єму котла при різних режимах роботи пальника. Вимірювання температури здійснювалося за допомогою ХА-термопар з відкритим спаєм, що розташовуються в топковому просторі на різних висотах та різних відстанях від вихідного перетину пальника. Також проводився аналіз хімічного складу димових газів, який визначався за допомогою газоаналізатора TESTO 330-2LL, а саме визначалася температура димових газів в точці вимірювання, а також концентрація кисню ( $O_2$ ), двоокису вуглецю ( $CO_2$ ), моноокису вуглецю ( $CO$ ), окисли азоту ( $NO_x$ ) та інші параметри.

Також за результатами експериментальних досліджень визначено теплоту згоряння, вологість та зольність пелет.

Отримано залежності щодо зміни у часі температурного стану котла на стадії квазістаціонарного режиму горіння пелет з деревини:

- при мінімальній подачі палива з бункера;
- при максимальній подачі палива з бункера;

– при максимальній подачі палива з бункера після припинення подачі з вентилятора додаткового нагрітого повітря;

– при завершенні процесу горіння пелет.

Запропоновано ряд заходів щодо вдосконалення конструкційних характеристик пелетного пальника.

**Kochetov G.**, Dr. Sci. (Engineering), Kyiv National University Of Construction And Architecture

**Prikhna T.**, Corr. Member of NASU , Dr. Sci. (Engineering), V. Bakul Institute for Superhard Materials of the National Academy of Sciences of Ukraine (NASU)

**Monastyrov M.**, Institute of Ecology and Alternative Energetic of the Open International University of Human Development “Ukraine”

**Prysiazhna O.**, PhD, Kyiv National University Of Construction And Architecture

**Samchenko D.**, PhD, Kyiv National University Of Construction And Architecture

**Mamalis A.**, PhD, Project Center for Nanotechnology and Advanced Engineering, NCSR "Demokritos", Athens, **Hellenic Republic**

## **INNOVATIVE FERRITISATION TREATMENT OF CONCENTRATED INDUSTRIAL WASTEWATER WITH ADDITIONAL PURIFICATION BY NANOSORBENTS**

Now much attention is paid to the development of industrial wastewater, which would provide the necessary degree of treatment for organizing recycled water supply and further disposal of treatment-generated waste. The paper presents advanced technology which used new nanomaterial and allows reducing initial concentrations of heavy metal ions in electroplating production waste water from 25 g/l to the less than 0.6 mg/l. Integrated process of concentrated wastewater treatment consists of two stages: energy and resource efficient ferritisation as well as aftertreatment sorption by suspensions containing nanopowders of polyvalent iron oxides. Advantages of electromagnetic pulse method for activation of the ferritisation process in the range of generated frequencies up to 0.9 kHz in comparison with expansive thermal one at temperatures up to 75 °C are confirmed. Water purification after ferritisation treatment was carried out by polyvalent iron-oxide nanosorbents obtained by electroerosion dispersion. As result of the integrated treatment purified water meets requirements of standards for water reuse in electroplating production. The treatment-generated waste has high chemical stability, significant content of ferrite phases with magnetic properties, and thus having high potential for further utilization. In contrast to widely used reagent-based treatment of concentrate wastewater, a comprehensive one for the water contaminated by heavy metals (more than 25 g/dm<sup>3</sup>) with introduction of electromagnetic pulse method for activation and subsequent treatment by polyvalent iron oxides nanopowders suspension was proposed. The developed technology would prevent environmental contamination by toxic effluents; ensure rational use of water and energy inputs in the system of industrial production.

*Човнюк Ю. В., к.т.н., Національний університет біоресурсів і природокористування України*

*Кравчук В. Т., к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Москвітіна А. С., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Пєфтєва І. О., Київський національний університет будівництва і архітектури*

## **ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НЕСТАЦІОНАРНОЇ ТЕЧІЇ В'ЯЗКОЇ НЕСТИСЛИВОЇ РІДИНИ У ПЛОСКИХ КАНАЛАХ ДОВІЛЬНОЇ ФОРМИ ТЕПЛОБМІННИХ АПАРАТІВ**

У даній роботі описаний загальний метод чисельного розв'язку задачі про нестационарну течію в'язкої нестислої рідини ((полі-)етиленглицоль, гліцерин) у плоских каналах довільної форми теплообмінних апаратів. Ефективний розв'язок задачі досягається шляхом застосування так званих адаптивних сіток. Математична модель течії базується на двомірних рівняннях Нав'є-Стокса у змінних «функція течії-вихор» й рівнянні Пуассона для тиску, які розв'язуються на основі скінченно-різницевого методу. Проведене чисельне моделювання потоку рідини у плоскому криволінійному коліні теплообмінного апарату при числі Рейнольдса  $Re = 1000$ . Дана форма відображає найбільш характерні особливості проточних частин різноманітних гідромашин, гідравлічних та трубопровідних систем. Подання чисельних результатів здійснено на основі пакету підпрограм графічної обробки *VISSIM*. Основними труднощами чисельного розв'язку задач математичної фізики є представлення граничних умов для областей довільної форми. Різноманітні прийоми, що використовуються для апроксимації криволінійних границь та граничних умов можуть призводити до значних втрат точності. Ефективним методом розв'язку цієї проблеми є застосування адаптованих сіток для розрахункової області. Сутність цього методу полягає у тому, що знаходиться така система координат, не обов'язково ортогональна, у котрій граничні лінії (поверхні) області співпадають з координатними лініями (поверхнями). У плоскому випадку розрахункова область трансформується у прямокутну, а гранична крива відображається на сторони прямокутника.

Розглядається турбулентний режим функціонування теплообмінників, але навіть при ламінарній течії виникають особливості руху в особливих точках (зовнішні та внутрішні кути, або повороти труби). Біля внутрішнього повороту труби на малих відстанях виникає дуже різкий перепад тиску, це призводить до його різких коливань. У кутах відбувається зрив потоку, можуть виникати вихори, каверни, порожнечі, розрідження потоку. Необхідно уникати поворотів та застосувати додаткові заходи для збільшення жорсткості труб, застосувати заходи щодо підвищення тріщинощільності.

**Басок Б. І.**, чл.-кор. НАН України, Інститут технічної теплофізики НАН України  
**Базєєв Є. Т.**, к.т.н., Інститут технічної теплофізики НАН України

## **ЕНЕРГЕТИКА: ПРОГНОЗИ РОЗВИТКУ, МОМЕНТИ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ**

Представлений прогноз розвитку енергобалансів світу, Європи та України. Підкреслено, що в своєму розвитку енергетика проходить точки біфуркації, вихід з яких може змінювати сценарії розвитку аж до припинення робіт по ряду наукових напрямків і технологій.

У своїй динаміці розвитку енергетика України вже проходила точки біфуркації. Глобально-політичні зміни в СРСР і в світі (епоха «перебудови», розвал СРСР і всього соцтабору) унеможливили виконання основних положень Енергетичної програми СРСР на тривалу перспективу і республіканської цільової комплексної науково-технічної програми «Енергокомплекс».

Точкою біфуркації в розвитку енергетики світу і регіонів може ознаменуватися і 2020 р. Уже зараз глобальні зміни реального ВВП і викидів CO<sub>2</sub> чітко кореспондуються з глобальними геополітичними, економічними і екологічними потрясіннями в світі, в тому числі, і з нагрянувшою пандемією Covid-19.

Енергетична політика України (енергетична стратегія) залежить від енергетичних контурів нового світу – від викликів і ризиків глобального та локального характеру. Геополітичні й економічні турбулентності в світі викликають необхідність оперативно відстежувати та при необхідності вносити корективи в прогнози розвитку економік країн і світу в цілому і, в тому числі, базовою складовою економіки – енергетики.

Представлений прогноз розвитку енергетики світу, Європи та України. Підкреслено, що в своєму розвитку енергетика проходить точки біфуркації, вихід з яких може змінювати сценарії розвитку аж до припинення робіт по ряду наукових напрямків і технологій. Наведено пропозиції щодо необхідності супроводжувати енергетичні стратегії, в тому числі, прийняту в Україні в 2017 році нову енергетичну стратегію, робочими документами – оперативними легкими планами-прогнозами (дорожніми картами) для управління та моніторингу ходу реалізації стратегії на проміжних тимчасових інтервалах, можливо, створивши для цих цілей спеціалізовану структуру.

**Муляр А.**, Київський національний університет будівництва і архітектури  
**Кольчик Ю. М.**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БЛОЧНО-МОДУЛЬНИХ КОТЕЛЬНЬ**

У містах України централізоване тепlopостачання вже давно стало проблемою. Житлові будинки, дитячі садки, поліклініки, школи, промислові підприємства – всі ці споживачі під'єднані до одного джерела теплової енергії з розгалуженою системою зношених теплових мереж. А це означає, що вони однаково платять не тільки за тепло та гаряче водopостачання, а й за теплові втрати при транспортуванні даних послуг. Все частіше відбуваються аварійні

ситуації, де багато споживачів залишаються без опалення або гарячого водопостачання, то ж система централізованого тепlopостачання вичерпала повністю свій ресурс робопридатності, тим самим знижується якість послуги для її споживачів.

Зважаючи на останні тенденції в комунальній та промисловій енергетиці України, все більшої популярності набувають транспортабельні блочно-модульні котельні. У даній роботі запропоновано використання блочно-модульної котельні для житлового мікрорайону, яка призначена для забезпечення та транспортування послуг опалення, гарячого водопостачання та вентиляції. Паливом для модульних котельних установок служать природний газ, рідке та тверде паливо. Також у роботі розглянуто компактне розміщення котельного технологічного обладнання в модульному блоці, який утеплений та повністю відповідає санітарно-гігієнічним і пожежним вимогам безпеки. Передбачено систему автоматизації, яка виконує функції управління роботою різних вузлів, регулювання параметрів і забезпечення безпеки даної котельні.

Блочно-модульної котельні можуть використовуватись як альтернатива централізованого тепlopостачання в великих і малих містах України для забезпечення послугами опалення, вентиляції та гарячого водопостачання будівель виробничого, житлового, адміністративного, промислового, комунального та соціального призначення, як школи та дитсадки.

*Барма Д. Б., Київський національний університет будівництва і архітектури  
Кольчик Ю. М., к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

## **ОСОБЛИВОСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ПОВІТРООБМІНУ МУЛЬТИФУНКЦІОНАЛЬНОЇ БУДІВЛІ ФАРМАКОЛОГІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА**

Все більшої популярності набуває принцип поєднання типів виробничих потужностей у мультифункціональні будівлі (логістичні центри). Що в свою чергу штовхає вперед усі наукові дослідження та проектні рішення. Офісні приміщення, склади та виробничі цехи об'єднують для оптимізації ресурсів та прискореного зв'язку між підрозділами підприємств. Саме тому інженерні розробки не стоять на місці та працюють над забезпеченням усіх потреб підприємства, при цьому приділяючи вагому частку уваги вирішенню проблем із використанням енергоефективних рішень для збереження природних ресурсів.

В цій роботі для проектування інженерних систем приміщень підприємства використовується метод багатоступеневих систем із підготовки повітря, де на перших ступенях повітря готується для приміщень де вимоги до якості повітря нижчі, ніж у наступних групах приміщень такої будівлі. Так по черзі відбувається підготовка повітря яке проходить по гілках повітропроводів, де на кожну з таких груп приміщень встановлюється необхідне обладнання (або комбінація), яке обробляє повітря до необхідних параметрів. Із умовно поділених приміщень виділяється група, для котрої обробка припливного повітря буде найпростішою (тобто найменша кількість затрачених ресурсів на його підготовку). Вагому частку уваги варто приділити питанням енергоефективності таких систем. Обов'язковим

обладнанням до включення в таку систему є теплоутилізатор (рекуператор), або ж якщо технологічні процеси дозволяють системі вентиляції використовувати змішування припливного і витяжного повітря, то актуальним буде використання у вентиляційному агрегаті камери змішування. Остання дозволить зберегти до 85 відсотків тепла для підігріву припливного повітря. Але без комплексної автоматизації усі намагання можуть бути марними, адже безумовно встановлення датчиків (температури, вологості, перепадів тиску та ін.) та частотних перетворювачів обертів вентилятора дозволяє підтримувати оптимальні параметри роботи системи без виходу її у критичні точки роботи та без необхідності задіяння додаткових ресурсів на повторне виведення системи до необхідних параметрів.

***Хомуцька Т.,** д.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

***Хоружий В.,** д.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

***Недашківська Ю.,** Київський національний університет будівництва і архітектури*

***Недашковський І.,** к.т.н., Одеська державна академія будівництва і архітектури*

***Нор В.,** Інститут водних проблем та меліорації НААН України*

## **ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ВОДОПРОВІДНИХ СИСТЕМ З МЕТОЮ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

Водопровідно-каналізаційна галузь належить до однієї з найбільш енергоємних, тому актуальним завданням на сьогоднішній день є пошук методів забезпечення енергоощадного водопостачання населених пунктів і окремих об'єктів. Водопровідні системи являють собою комплекс споруд, які працюють не ізольовано, а перебувають у взаємодії, тому зміна у роботі будь-якої однієї споруди неодмінно впливає на показники роботи інших і всієї системи водопостачання загалом.

Нині більшості підприємств комунального господарства притаманна велика спрацьованість основних фондів, насамперед водопровідних мереж, що є причиною суттєвих втрат і вторинного забруднення води. Разом з тим, зміни норм і режимів водоспоживання в населених пунктах призводять до створення надлишкових тисків в системі водопостачання та зростання її аварійності. При цьому робота насосів часто перебуває за межами рекомендованого застосування, що характеризується низькими показниками ккд і високим енергоспоживанням, а тому питомі витрати електроенергії на подачу води в багатьох регіонах країни продовжують залишатися на високому рівні.

У процесі експлуатації поступово змінюються характеристики всіх споруд гідравлічної взаємодії, що призводить до виникнення протиріч між проектними і реальними експлуатаційними показниками роботи системи водопостачання,

незабезпечення споживачів потрібними витратами і напорами води та зростання питомих витрат електроенергії.

Поліпшити ситуацію можна за рахунок використання раціональних схем, енергозберігаючих технологій і сучасного ефективного обладнання, матеріалів і засобів на всьому шляху транспортування води від водного джерела до споживача. Для того, щоб знизити енергоспоживання в системі, експлуатаційні витрати комунальних підприємств та собівартість води розроблено метод імітаційного моделювання роботи гідравлічно взаємодіючих споруд, який дозволяє досліджувати різні можливі варіанти подачі розрахункових витрат води, аналізувати отримані результати розрахунку за показником питомих енерговитрат та встановити доцільні схеми водопостачання й енергозберігаючі режими експлуатації споруд

**Шевченко А. О., к.т.н., LPP SA, Республіка Польща**

**Златковський О. А., к.т.н., PRODEKO EŁK SP ZOO, Республіка Польща**

**Шевченко Т. О., к.т.н., Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОНДИЦІОНУВАННЯ ОСАДУ МЕТОДОМ ПОСИЛЕНОГО ОКИСЛЕННЯ (АОР) ПРИ ЗНЕВОДНЕННІ НАДЛИШКОВОГО АКТИВНОГО МУЛУ**

Питання утилізації осаду є комплексною задачею, до рішення якої необхідно підходити, враховуючи не тільки економічні показники, а й локальні умови, такі як: наявність існуючої інфраструктури очисних споруд водовідведення, доступність енергоносіїв, кліматичні умови тощо. На теперішній час все більше муніципальних підприємств європейських країн споруджують комплекси зі спалювання осадів. Підготовка осаду до спалювання займає значну частину бюджету через те, що його вологість та калорійність мають найбільший вплив як на параметри самого блока спалювання осаду, так і на його енергетичний баланс. Камерно-мембранні фільтр-преси – це один з небагатьох типів обладнання, яке дозволяє забезпечити максимальне зниження вологості осаду, а можливість його доукомплектування системами термічної обробки в одному закритому корпусі робить його ще більш привабливим рішенням для малих і середніх очисних споруд з очищення стічних вод. Велику зацікавленість на сучасному етапі розвитку технологій очищення стічних вод та утилізації осадів викликає технологія посиленого окислення АОР, яка дозволяє видаляти біологічно стійкі органічні забруднювачі та призводить до інактивації патогенних мікроорганізмів.

Метою даного етапу роботи була оцінка можливості застосування технології посиленого окислення АОР для кондиціонування осадів комунальних очисних споруд перед їх механічним зневодненням та визначення технологічних параметрів процесу фільтрування осаду. Проведені дослідження включали в себе лабораторні та промислові випробування. На основі проведених досліджень було встановлено, що технологія АОР може застосовуватися для скорочення витрат реагентів (залізовмісних, вапна) при кондиціонуванні осадів комунальних очисних споруд у разі фільтрування на камерно-мембранному фільтр-пресі. Найбільш

економічне та технологічно оптимальне співвідношення Fe/Ca/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> дорівнює 2/5/1 при дозуванні перекису водню H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> на рівні 1 г/л. При запропонованих дозах реагентів можливе отримання фільтраційного осаду із залишковою вологістю на рівні 64...65% в порівнянні з 72...73% при використанні тільки заліза і вапна (початковий вміст сухої речовини в осаді на рівні 3%).

*Гламаздін П. М., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Дяченко А. А., Київський національний університет будівництва і архітектури*

### **ЗБАГАЧЕННЯ КИСНЕМ ДУТТЬОВОГО ПОВІТРЯ ПРИ СПАЛЮВАННІ НЕПРОЕКТНОГО ВУГІЛЛЯ**

Останні декілька років для теплових електричних станцій України загострилась проблема з невідповідністю якості твердого палива – вугілля її проектним характеристикам, а саме з підвищеною вологістю та зольністю і, що найголовніше, зі зменшеною відносно проектною теплотою згорання. За таких обставин, станції змушені витратити частину генерованої в енергоблоках теплоти на підсушування палива та проектувати спеціальні заходи для боротьби з підвищеною зольністю та з підвищеним вмістом сірки. Можливі два напрями підвищення якості процесів спалювання низькосортних палив:

- збагачення вугілля з підняттям теплоти згорання до рівня  $\approx 7000$  ккал/кг з одночасним зниженням вмісту сірки;
- оптимізація та інтенсифікація процесу спалювання вугілля в топці котла.

В світі є технології збагачення вугілля на основі гідрогенізації та інших процесі пов'язаних з руйнуванням сірчаних сполук і мінеральної маси, але це надто дорогі технології, які було розроблено за відсутності альтернативних методів використання низькосортного вугілля.

Другий напрямок вже більше ста років успішно використовується в чорній металургії. В енергетиці цей метод не використовувався через високу вартість технології отримання кисню, що обумовлювалось криогенним методом розділення повітря з якого отримувався кисень.

В останні десятиріччя з'явилися три нових метода отримання кисню, які за вартістю вже можна розглядати як перспективні для використання в енергетиці:

- розчинення повітря в воді з наступною її дегазацією;
- адсорбційний метод, в основі якого лежить відбіркоче поглинання того чи іншого газу адсорбентом з наступним вивільненням адсорбованого газу;
- мембранна технологія, що будується на селективній проникності матеріалу різними компонентами газової суміші.

В промисловості в основному використовується адсорбційна та мембранна технології. Остання дає змогу отримати більш чистий кисень, однак для збагачення дуттьового повітря це не є переважним фактором.

Отриманий кисень підмішується до дуттьового повітря і подається в топку. Це призводить до більш повного вигорання горючої частини, що зменшує кількість шлаку та золи, зменшує генерування NO<sub>x</sub> та CO.



На сьогодні вартість 1 н.м<sup>3</sup> кисню  $\approx$  3 гривні. При потужності енергоблоку 200 МВт забезпечення подачі 1350 н.м<sup>3</sup> кисню за годину дозволить заощадити 130 т вугілля на рік. Для такого випадку термін окупності становить близько 8 років. До того ж необхідно враховувати великий позитивний екологічний ефект від зниження кількості шкідливих викидів в атмосферу.

*Гламаздин П. М., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Гламаздин Д. П., BBS GmbH, ФРН*

### **ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА МОДЕРНІЗАЦІЯ КОТЛІВ СЕРІЇ ТВГ ТА КВГ**

Серед усіх проблем, які сьогодні супроводжують експлуатацію систем централізованого теплопостачання в Україні, необхідно виділити проблеми з джерелами теплоти опалювальними водогрійними котельнями. Абсолютна більшість опалювальних котельнь побудованих тридцять-сорок і більше років тому, і реновації їх обладнання не проходило. Відповідно і водогрійні опалювальні котли експлуатуються по сорок і більше років, тобто вони вже більш як вдвічі перевищили свій паспортний термін експлуатації. За цей час змінилось обладнання систем автоматизації, з'явилися нові контрольно-вимірювальні прилади та регулююча арматура і пальники, з'явилися нові теплоізоляційні матеріали. Так само змінилися вимоги до теплотехнічних та екологічних характеристик котлів. Всі ці фактори привели до необхідності заміни застарілого обладнання на сучасне більш ефективне та більш екологічне. Такий процес має місце, але здійснюється дуже повільно через нестачу коштів у теплогенеруючих компаній.

Існує інший шлях підвищення надійності експлуатації та енергоефективності експортованих котлів, а саме модернізація з заміною деяких елементів структурної будови зі збереженням компоновки та поверхонь нагріву. Одним із найпоширеніших водогрійних котлів в опалювальних котельнях є водогрійні котли серії ТВГ та КВГ Монастиришинського машинобудівного заводу. Розроблені інститутом газу НАНУ, вони свого часу були чи не найкращими в своєму діапазоні потужності. Сьогодні в Україні експлуатується понад півтори тисячі котлів цих серій, що обумовлює необхідність в розробленні пропозицій щодо їх енергоефективної модернізації.

Аналіз структурної будови цих котлів показав слабкі місця конструкції та виявив шляхи їх ліквідації. При збереженні конструкції котлів можливі наступні заходи з модернізації:

- заміна системи автоматизації та оснащення інверторами тягодуттьових машин;
- заміна газового обладнання;
- реконструкція системи повітропостачання;
- заміна обмурування;
- улаштування теплоутилізаторів;

- реконструкція конвективних поверхонь нагріву із заміною існуючої труби на трубу більшого діаметру;

Деякі заходи можуть бути здійсненні під час планових ремонтів, наприклад, заміна обмурування та реконструкція конвективних поверхонь нагріву.

Інші заходи можна поділити на черги- улаштування нової системи автоматизації частотних регуляторів на тягодуттьові машини та газове обладнання – це одна черга, а улаштування теплоутилізаторів – це інша черга.

Виконання цих заходів може здійснюватись почергово, крок за кроком і дозволить підняти ККД котлів до рівня 94÷95% і знизити викиди CO до 50 мг/м<sup>3</sup> і NOx до 85 мг/м<sup>3</sup>.

*Тірон-Воробйова Н. Б., к.т.н., Дунайський інститут Національного університету «Одеська Морська Академія»*

*Данилян А. Г., Дунайський інститут Національного університету «Одеська Морська Академія»*

## **ЩОДО ПИТАНЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ СИСТЕМ ОБРОБКИ БАЛАСТНИХ ВОД ПЕРЕГЛЯНУТИМ ВИМОГАМ G8: «ЧИСТОТА ВОДИ»**

Питання забезпечення відповідності систем обробки баластних вод (СОБВ) переглянутими вимогам Міжнародної Морської Організації (ММО) G8 виходить на першочерговий план, особливо, якщо судна здійснюють міжнародні перевезення та маршрути їх руху проходять поза територіальними водами Сполучених Штатів Америки (США). Переважна кількість портів у Світі припинить приймати судна з СОБВ, які не відповідають переглянутим вимогам ММО G8, встановленим після 28 жовтня 2020 року. Ігнорування цього факту може призвести до того, що захід у світові порти для конкретного судна стане закритий. Вимоги ММО G8 визначають порядок випробувань для отримання сертифіката типового схвалення СОБВ відповідно встановлених нормативів ММО. Вимоги спочатку було визначено в 2005 р., а потім – в 2016 р.: зазнали суттєвого перегляду. Ці зміни набирають чинності з 28 жовтня 2020 р.

Переглянуті вимоги G8, звані також *BWMS Code* (Міжнародний кодекс по типовому схваленню систем обробки баластних вод), більш жорсткі і більшою мірою відповідають чинним вимогам Берегової охорони США. Встановлення нових вимог було пов'язано з тим, що деякі СОБВ, які отримали типове схвалення за старими нормативами G8, на практиці можуть не відповідати по ефективності стандарту якості баластових вод ММО D-2. Перегляд вимог G8 був частково обумовлений позицією організацій замовників, таких, наприклад, як Міжнародна палата судноплавства (ICS). Основним наміром було зробити так, щоб витрати на СОБВ дійсно забезпечили виконання вимог нормативів по чистоті води, що скидається, а не звелися лише до додавання нового обладнання.

Крайній термін, до якого необхідно забезпечити відповідність СОБВ переглянутим вимогам ММО G8, наближається і вимагає активних дій просто зараз.

Якщо СОБВ встановлено 28 жовтня 2020 р. або пізніше, вона повинна мати типові схвалення відповідно до переглянутих вимог G8. До цієї дати системи, які отримали типові схвалення відповідно до попередніх вимог G8, все ще можуть бути встановлені. При цьому не потрібно яких-небудь вдосконалень таких систем. Однак, установка системи без сертифіката типового схвалення відповідно до переглянутих вимог G8 після зазначеної дати призведе до заборони використання судна в міжнародних перевезеннях. Куплені сьогодні СОБВ, швидше за все, будуть встановлені на судах вже після вступу в силу нових вимог. Це означає, що слід вибирати систему з типовим схваленням відповідно до переглянутих вимог G8.

На жаль, сьогодні лише деякі постачальники отримали сертифікати типового схвалення для своїх систем за оновленими вимогами, або тільки почали цей процес. Більш жорсткі нормативи переглянутих вимог G8 ведуть до збільшення часу, необхідного для виконання відповідних процедур випробувань, причому позитивний результат не гарантований. У зв'язку з вищесказаним, є ризик залишитися з системою, яку не можна буде використовувати повсюдно. Оскільки правила ММО діють по всьому Світі за межами територіальних вод США, захід у 95 % портів може виявитися закритий для певних суден.

*Шаповал О. В., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Чепурна Н. В., к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Кириченко М. А., к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

## **АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ПОВІТРЯНОГО ТЕПЛООВОГО НАСОСА В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД КОЛИВАНЬ ТЕМПЕРАТУРИ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ**

Використання теплових насосів є одним із основних напрямів розвитку використання джерел нетрадиційної енергетики для вирішення проблем з енергозбереженням через можливість використовувати поновлювану енергію з навколишнього середовища. Більш широке застосування теплових насосів дозволить зменшити використання традиційних палив та негативний вплив на довкілля. Перспективним напрямком є використання енергії повітря, водойм, ґрунту та геотермальних джерел в поєднанні з низькотемпературною системою опалення в якій температура води не перевищує 45°C.

В сучасних системах мікроклімату досить часто можна зустріти використання теплових насосів типу «повітря-повітря» або «повітря-вода». Ефективність теплових насосів, в яких джерелом енергії є повітря, дуже залежить від температури зовнішнього повітря в порівнянні з тепловими насосами, які черпають енергію з ґрунту чи водойм. Також ефективність теплового насосу суттєво залежить від температури, до якої потрібно нагріти теплоносії.

Авторами проаналізовано ефективність роботи теплового насоса «повітря-вода» для забезпечення систем опалення та гарячого водопостачання житлового приміщення. На базі отриманих результатів розроблений графік ефективності

роботи теплового насоса в залежності від температури зовнішнього середовища та температури води на виході.

За рахунок високого коефіцієнта перетворення тепла (COP) досягається максимальна економічність в порівнянні з традиційними системами опалення. Перевагою використання теплового насоса є безпечність, екологічність, економічність та незалежність від росту цін на природні енергоносії.

**Барановська С. В., к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури**

## **ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ РЕЖИМІВ ТЕЦ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Відомо: одним з критеріїв оцінки економічної потужності країн є енергетична незалежність. В сучасній Україні основними завданнями є посилення енергетичної безпеки, здійснення активних заходів з енергозбереження (особливо в енергоємних виробництвах). За даними *IEA* «Енергетичний профіль України» (Звіт 04.2020 р.) економіка нашої держави залишається найбільш енергоємною в світі з показником 0,25 тне/1000\$ ВВП, який більш ніж в 2 рази перевищує середній світовий показник 0,11 тне/1000\$ США. Ця обставина зменшує конкурентність української продукції на світовому ринку.

Виробництво багатьох видів продукції потребує теплової обробки, яка здійснюється парою, димовими газами чи використовують електричний розігрів. Тому доцільним є будівництво та використання власних ТЕЦ. Переваги очевидні: дозволяє вести виробництво в потрібні терміни; виключити витрати на технологічне приєднання до центральних електричних та теплових мереж; захистити виробництво від низької надійності та якості енергопостачання центральними мережами (є критичними для високотехнологічного обладнання, наприклад відхилення чи коливання частоти та напруги); собівартість власної генерації значно нижча тарифів.

Певні співвідношення між теплоспоживанням і електроспоживанням, які здійснюються в технологіях виробництва можуть приводити для необхідності приймання певного обсягу електричної енергії від РЕМ чи відпуску в РЕМ надлишку електр енергії власної генерації.

В таких випадках виникає питання вибору вигіднішого варіанту експлуатаційного режиму ТЕЦ: чи закуповувати недостатній обсяг електроенергії в РЕМ, чи продавати надлишок електроенергії в РЕМ, чи експлуатувати турбоустановку в автономному режимі, повністю забезпечуючи виробництво електроенергією власної генерації.

Дослідження вищенаведеного питання свідчить про те, що вибір вигіднішого варіанту визначається співвідношенням ціни на паливо для ТЕЦ і ціною електроенергії, яку купують в РЕМ і яку відпускають в РЕМ.

**Василенко Л. О.**, к.т.н., доц., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Василенко О. А.**, к.т.н., проф., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Березницька Ю. О.**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

## **ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ГАЛЬВАНІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ**

Серед проблем охорони навколишнього середовища важливе місце займає вирішення питань, направлених на мінімізацію забруднення природних об'єктів. Інтенсивний розвиток промисловості, сільського господарства, інфраструктури та інших галузей безпосередньо впливають на навколишнє середовище. Гальванічні виробництва є поширеною складовою багатьох галузей промисловості. В свою чергу, викиди гальванічних виробництв призводять до екологічних та економічних збитків. Одним із питань, які й досі потребують вирішення, є знешкодження відходів від таких виробництв. У водойми важки метали потрапляють зі стоками недостатньо очищених стічних вод та поверхневих стоків з підприємств, на яких використовується гальванічне покриття поверхонь металевих виробів, або там де використовуються фарбники. Такий метод очищення стічних вод від іонів важких металів, як гальванокоагуляція, знаходить широке застосування при очищенні промивних вод, які є відходами від процесу нанесення гальванічних покриттів. В даній статті була розроблена та запропонована математична модель процесу очищення стічних вод від іонів важких металів за допомогою гальванокоагуляції на основі проведених досліджень та аналізу існуючих процесів очищення стічних вод від іонів важких металів. В результаті розв'язку поставленої математичної задачі було отримано формули для розрахунку робочої висоти фільтру при достатній кількості іонів магнію. Також наведено висновки щодо шляхів скорочення негативного впливу гальванічних виробництв на складові навколишнього середовища. Завдяки використанню системного підходу, організаційних та технічних рішень, забезпечиться ефективна очистка стічних вод від лімітуючих забруднень та зменшиться кількість відходів виробництва.

**Щербакова О. М.**, Київський національний університет будівництва і архітектури

## **ДЕЯКІ ПИТАННЯ СТРАТЕГІЇ ВДОСКОНАЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО ЗАКОНОДАВСТВА УКРАЇНИ**

Одним з основних інструментів реалізації екологічної політики в Україні є ефективне функціонування системи законодавства у сфері охорони навколишнього природного середовища, спрямоване на досягнення національних пріоритетів.

Основними вимогами до такого законодавства, як зазначалось в Законі України «Основні засади (Стратегія) державної екологічної політики України на період до 2020 року» є його відповідність Конституції України, наближення до

відповідних директив ЄС, забезпечення впровадження багатосторонніх екологічних угод (конвенцій, протоколів тощо), стороною яких є Україна.

Національна стратегія наближення (апроксимації) законодавства України до права ЄС у сфері охорони довкілля передбачає ряд заходів щодо впровадження цього процесу:

- необхідно забезпечити баланс між закріпленням відповідних норм у законодавчих актах і можливістю розвитку й удосконалення судової практики;
- органи, що відповідають за формування політики, інституційно мають бути відокремлені від органів, які відповідають за реалізацію політики;
- припинити практику, за якої після прийняття закону здійснюється процес розроблення підзаконних актів, а існуючі підзаконні акти з цього питання й досі зберігають свою чинність;
- здійснювати моніторинг чинного законодавства на предмет його відповідності джерелам права ЄС;
- розглянути необхідність підготовки «Керівництва з апроксимації у сфері охорони довкілля» як настільного документа правотворців і правозастосовників;
- формування політики має бути відокремлене від розроблення нормативно-правових актів та передувати йому (спочатку формується бачення з усіма елементами системи і лише потім розробляється нормативно-правовий акт);
- слід широко використовувати громадське обговорення проектів нормативно-правових актів на ранніх стадіях процесу їх підготовки;
- закони потрібно готувати одночасно з підзаконними нормативними актами, що дасть змогу уникнути невідповідностей;
- перш ніж прийняти нормативно-правовий акт, його проект слід передати на оцінку до органів/інституцій ЄС та забезпечити, щоб після отримання позитивного висновку проект принципово не переглядався.

*Уйма А., к.т.н., Ченстоховський політехнічний університет, республіка Польща*

## **ТЕПЛОВІ ПАРАМЕТРИ ТА ВІДЧУТТЯ ТЕПЛОГО КОМФОРТУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ТЕПЛОЇ ПІДЛОГИ**

Розглядаються конструктивні рішення для підлоги з підігрівом і класифікація різновидів відповідних елементів опалювальної будівлі. Наведено поточні вимоги, що впливають із будівельних норм і рекомендацій для теплої підлоги, а також способи зміни цих елементів залежно від компонентів будинку. Вказано необхідну товщину теплоізоляції, яка визначена з врахуванням вимог до різних типів конструкцій теплої підлоги з ізоляційним матеріалом різної теплопровідності. Підкреслено важливий аспект проектування та експлуатації теплої підлоги, пов'язаний з тепловими відчуттями користувачів приміщення. Наведено характеристики зміни параметрів теплового відчуття при зміні температури поверхні підлоги.

*Гавардашвілі Г., д.т.н., Інститут водного господарства ім. Ц. Мірцхулава  
Грузинського технічного університету, Грузія*

*Ткаченко Т. М., д.т.н., Київський національний університет будівництва і  
архітектури*

*Мілейковський В. О., к.т.н., Київський національний університет будівництва і  
архітектури*

## **ПОГЛИБЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ МІСТ В ПРОЦЕСІ УРБАНІЗАЦІЇ**

Проаналізовано збільшення екологічної небезпеки міст та можливості її зменшення з використанням “Зеленого будівництва”. На першій стадії урбанізації – до XVI-XVII ст. – міста були максимально дружніми до навколишнього середовища. Вже тоді виникали проблеми нестачі місця для озеленення, що призвело до впровадження “зелених конструкцій” (Висячі сади Вавілона, вілла Містеріас у Помпеї). Наприкінці XVI-XVIII ст. на другій стадії урбанізації міста почали стрімко розростатися. Однак, технології та транспортні засоби залишалися безпечними для навколишнього середовища. З початку IX століття почався стрімкий розвиток техніки. Почалася третя стадія урбанізації. Технології ставали все більш ворожими як до навколишнього середовища, так і до самих людей. Ця стадія триває до сьогодні. Зараз на частку міст припадає від 60 до 80 % світового споживання енергії 70 % глобальних викидів вуглецю і більше 70 % використовуваних ресурсів. Авторами проаналізовано основні переваги і недоліки урбанізації. Серед позитивних наслідків для навколишнього середовища можливість ефективного керування виробництвом і споживанням енергії шляхом розумної централізації енергопостачання і створення «розумних мереж» *Smart Grid*, об'єднання транспортних потоків та ефективна логістика, більш ефективне управління відходами та каналізаційними стоками. Серед глобальних негативних наслідків зміни клімату, хімічне й теплове забруднення навколишнього середовища, зменшення біорозмаїття, посилення природних катаклізмів та техногенні катастрофи. Серед локальних проблем забруднення середовищ міст, підвищення об'єму відходів, розповсюдження хвороб і епідемій, знищення зелених насаджень та збіднення ландшафту, природні та техногенні аварії. Задля виживання людства урбанізація неминуче має вступити у четверту стадію – стадію сталого розвитку. При цьому одну з ключових ролей мають відіграти технології “зеленого будівництва”, серед яких “зелені конструкції”, які активно впроваджуються у всьому світі. Вони дозволяють зменшити техногенне навантаження міст, підвищити біорозмаїття, енергетичну ефективність, зменшити психологічне навантаження тощо. Розроблений авторами на підставі багаторічних досліджень проект нормативних рекомендацій має сприяти більш широкому впровадженню їх в Україні.

**Венгрин І. І.**, Національний університет «Львівська політехніка»

**Шаповал С. П.**, д.т.н., Національний університет «Львівська політехніка»

**Желих В. М.**, д.т.н., Національний університет «Львівська політехніка»

**Шепітчак В. Б.**, к.т.н., Національний університет «Львівська політехніка»

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛООВОГО ФОТОЕЛЕКТРИЧНОГО ГІБРИДНОГО СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРУ**

Основним об'єктом досліджень відновлюваних джерел енергії є сонячна енергія, доцільність використання якої обумовлено тим, що енергоефективні будівлі споживають енергію обсягом не більше 40 кВт·год/(м<sup>2</sup>·рік), тоді як пасивна будівля має енергоспоживання не більше 15 кВт·год/(м<sup>2</sup>·рік). Найкращим способом для зменшення рівня споживання енергії та концентрації викидів парникових газів є підвищення ефективності використання енергії в будівлі. Розробка сонячних колекторів (СК), із інтегруванням їх властивостей в фасади енергоефективних будівель є одним із вирішень питання щодо зниження енергоспоживання спорудою.

В статті проаналізовано теплотехнічні властивості систем сонячного енергопостачання, що суміщені із конструкцією світлопрозорого фасаду будівлі, за умов використання теплового фотоелектричного гібридного сонячного колектору (ГСК).

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

Попередньо було проаналізовано стратифікацію теплоносія в баку акумуляторі теплової енергії, та побудовано узагальнений графік розподілу температур в дев'яти-секційному баку-акумуляторі протягом доби.

Встановлено емпіричні залежності для розрахунку сумарної сонячної радіації, що надходить на поверхню теплосприймального огороження та встановлення теплотехнічних параметрів запропонованої конструкції СК.

Для визначення кількості сонячної радіації у місті Львові, яку може отримати поверхня СК при орієнтуванні за різними сторонами світу, в статті використано формули, в яких враховано параметр порядкового номера місяця, що є важливим для розрахунку сезонних сонячних колекторів. Для запропонованої конструкції теплового фотоелектричного СК рекомендовано використовувати теоретичні формули побудови і розрахунку енергетичних характеристик системи сонячного енергопостачання.



*Приймак О. В., д.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Чеховська-Косацька А., доктор-інж., Політехніка Люблінська, Республіка Польща*

*Очеретянюк М. Д., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Єрємін А. В., Київський національний університет будівництва і архітектури*

## **КОНЦЕПЦІЯ ЦИФРОВІЗАЦІЇ КОМФОРТНОЇ БУДІВЛІ**

Інформаційне моделювання будівель – це принципово новий підхід до управління життєвим циклом будівлі – від ідеї архітектора, інженера-проектувальника-конструктора до реального проекту, далі до будівництва, монтажу, введення в експлуатацію і власне експлуатації з поточними і капітальними ремонтами, а також кінцевої утилізації з еко- економіко - позитивним ефектом для людини і оточення. Передбачається, що цифровізація мінімізує витрати на будівництво, забезпечить якість будівельно-монтажних робіт, підвищить швидкість будівництва, і найголовніше, суттєво покращить комфортність проживання на основі управління миттєвими і усередненими базами даних та виконавчими механізмами конструктивних елементів інженерних систем і конструкційних особливостей будівлі, в цілому. Отже цифровізація - це використання інноваційних інформаційно-комунікаційних технологій, зокрема, широкомасштабне впровадження інтелектуальних пристроїв та датчиків, а також операції з масивами баз даних (збір, аналіз, систематизація, часова оцінка) в залежності від поставленої кінцевої мети і проміжних цілей.

Цифровізації стадій, процесів, циклів функціонування будівель і споруд різного призначення присвячується усе більше наукових публікацій які вказують на напрями і глибину наукової проробки і значно розширюють поля для наукових фундаментальних і прикладних досліджень від спеціальних вимог до будівельних матеріалів, датчиків, засобів і способів вимірювань до цифрової обробки інформації, інтернет технологій та штучного інтелекту.

Метою даного дослідження є концептуальне встановлення місця фундаментальних і прикладних досліджень у цифровізації комфортної будівлі.

Проаналізовано екологічні, ресурсні, енергетичні та механічні параметри зовнішнього та внутрішнього середовищ та по товщині конструкції огороження, які отримуються на основі прямих і не прямих вимірювань теплофізичних, фізико-хімічних, біохімічних та механічних величин, від застосування великої кількості датчиків та інтелектуальних пристроїв, і які взаємопов'язані між собою і усіма стадіями життєвого циклу будівлі. Дані можна класифікувати за призначенням – інформаційні, попереджувачі, забороняючі, керуючі та за часом – миттєві, усередненні, прогнозні.

Встановлено взаємозв'язки між отриманими і сформованими масивами даних та споживачами інформації за допомогою інтернет сервісів.

Визначено шляхи експериментальних досліджень теплофізичних величин, їх обробки та представлення для цифрової моделі.

**Христенко А. М.**, Харківський національний університет будівництва та архітектури,

**Юрченко В. О.**, д.т.н., Харківський національний університет будівництва та архітектури

## **ДИНАМІКА КОНЦЕНТРАЦІЇ ФОСФАТІВ У МЕМБРАННИХ БІОРЕАКТОРАХ**

За останнє десятиріччя мембранні біореактори (МБР) все частіше застосовуються для біологічної очистки господарсько-побутових та промислових стічних вод. МБР поєднує біологічну обробку активним мулом з механічною мембранною фільтрацією. Мембранний модуль використовується для поділу мулової суміші і являє собою альтернативу широко застосованому методу осадження активного мулу у вторинних відстійниках, що використовується в традиційних системах біологічного очищення в аеротенках. Перевагою МБР є здатність підтримувати високі концентрації активного мулу в аеротенку. Велика концентрація мулу, та специфічний кисневий режим в МБР може призвести до проблем, в системі активний мул–стічна вода з динамікою концентрації сполук фосфору. Мембрана не здатна затримати молекули малого розміру. І через вторинне забруднення стічних вод фосфатами їх концентрація на виході з МБР може перевищити нормативно допустимі.

В роботі досліджувалася динаміка концентрації фосфатів по зонам МБР. Об'єктом дослідження була очистка стічних води в МБР. Стічні води, які обробляються в МБР мали наступний склад: завислі речовини – 130,0 мг/дм<sup>3</sup>, хімічне споживання кисню ХСК – 400,0 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, біохімічне споживання кисню (БСК<sub>5</sub>) – 200,5 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>, азот амонійних солей – 25,0 мг/дм<sup>3</sup>, азот нітритів – 0,0 мг/дм<sup>3</sup>, азот нітратів – 0,0 мг/дм<sup>3</sup>, фосфор фосфатів – 6,5 мг/дм<sup>3</sup>.

Для математичного обчислення роботи МБР було використано модель аеротенка витіснювача з зосередженою подачею стічних вод, зворотного активного мулу та внутрішнього рециркуляції з мембранного відділення в першу зону аеротенку (АО процес) в програмному комплексі *GPS-X* розробки *Hydromantis*.

Концентрація розчиненого кисню в аеротенку по ходу руху мулової суміші стало зростає і в 6 та 7 зонах становить більше 6 мг/дм<sup>3</sup>. Концентрація фосфору фосфатів стало знижуються з 1 по 5 зони, але в 6 та 7 зонах спостерігається її збільшення. Кисневі умови в 6 і 7 зонах сприятливі для накопичення фосфатів фосфат акумулюючими організмами (ФАО) в біомасі (імобілізації). Але згідно розрахунків спостерігається навпаки його мобілізація с біомаси активного мулу в стічну воду з 0,27 мг/дм<sup>3</sup> до 2,1 мг/дм<sup>3</sup>. Цей процес відбувається за рахунок зниження концентрації фосфору накопиченому в ФАО з 66,5% до 65,8%.

За результатами математичного моделювання МБР в останніх зонах аеротенків в стічній воді спостерігається підвищення концентрації фосфатів. Найімовірнішою причиною такого підвищення та паралельного зменшення вмісту загального фосфору в ФАО є мінералізація активного мулу.

**Баітова С. М.**, к.н.т., *Могільовський державний університет харчування, Республіка Білорусь*

**Журавська Н. Є.**, к.т.н., *Київський національний університет будівництва і архітектури*

**Заянчковська Д. В.**, *Могільовський державний університет харчування, Республіка Білорусь*

**Рудакова У. В.**, *Могільовський державний університет харчування, Республіка Білорусь*

## **МОНІТОРИНГ НІТРАТІВ В ҐРУНТОВИХ ВОДАХ**

У природних умовах вода завжди містить розчинені солі, гази і органічні речовини, їх кількість змінюється в залежності від походження води й навколишніх умов. В результаті інтенсивного використання водних ресурсів відбувається різка зміна їхніх якісних параметрів у результаті скидання в воду найрізноманітніших забруднювачів антропогенного походження, а їх природні екосистеми руйнуються. В умовах тісного взаємозв'язку поверхневих і підземних вод процеси забруднення поступово поширюються на всі великі глибини. Забруднення підземних вод поблизу ряду промислових центрів було зафіксовано на глибинах понад 50...70 м (водозабори в містах Брест, Гродно, Мінськ, Пінськ та інші). Як показують дослідження, якість підземних вод більшості водоносних горизонтів і комплексів республіки відповідає нормативним вимогам. Однак на ділянках розміщення водозабірних свердловин в селитебной зоні населених пунктів і міст, ферм, в районі очисних споруд, звалищ, відвалів промислових підприємств, ставків-відстійників виявлено забруднення підземних вод. Погіршення їх якості виражається в збільшенні загальної мінералізації, вмісту сполук азоту, хлоридів, важких металів; появі нафтопродуктів, фенолів, з неприємним запахом і легкоокислюваних органічних речовин. Найбільш поширеними і несприятливими речовинами, що забруднюють поверхневі водойми Білорусі, є нітритний, нітратний і амонійний азот, легкоокислювані органічні речовини, нафтопродукти і цинк. За всіма цими речовин протягом багатьох років спостерігається значне перевищення ГДК поверхневих і підземних вод. Для території Білорусі досить характерно нітратне забруднення ґрунтових вод і формування вод нітратного типу.

На кафедрі техносферної безпеки і загальної фізики установи освіти «Могільовський державний університет харчування» проведено дослідження з визначення вмісту нітратів в ґрунтових водах. Вимірювання концентрації нітрат-іонів проводилося за допомогою електрохімічного методу з використанням нітратоміра типу PNO3-07.

Моніторинг ґрунтових вод проводився в період з травня по листопад 2020 р. відбір проб води здійснювався з криниць, шахтних колодязів та індивідуальних свердловин. В ході досліджень були відібрані проби води з 8 криниць, вміст нітратів склало від 13,1...107 мг/дм<sup>3</sup>, перевищення вмісту нітратів було зафіксовано в 3 криницях. Дослідження показали, що в пробах води з шахтних колодязів, розташованих на територіях сіл і садівничих товариств, тільки в 27,8 % проб вміст нітратів не перевищувало ГДК (45 мг/дм<sup>3</sup>). У 50 % відібраних проб води з індивідуальних свердловин (глибиною 11...27 м) вміст нітратів перевищив

допустиму норму в 1,1...2,5 рази. У поверхневих водах концентрація нітратів не перевищувала ГДК.

*Ндінга М. Р., Київський національний університет будівництва і архітектури*  
*Котова Т. В., к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури*

## **ВПЛИВ НАФТОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ В КОНГО БРАЗЗАВІЛЬ**

В Пуент-Нуаре, як нафтовому місті, так і економічній столиці Конго-Браззавіль, забруднення нафти є реальною проблемою, яка загрожує як навколишньому середовищу, так і здоров'ю людей. Як не дивно, нафтові компанії ніколи не люблять чути про цю проблему. Стверджуючи, що вони витрачають багато грошей на соціальні акції на користь жителів цього міста. Конголезька влада закриває на це очі. Сьогодні більша частина природного газу (ПГ) використовується як паливо в Республіці Конго більше 95% і решта йде на хімічну переробку, головним чином для отримання водню ( $H_2$ ) і оксиду вуглецю ( $CO_2$ ), їх зміст отримав технічну назву "синтез-газ". Виробництво "синтез-газ" становить основу промислового синтезу таких продуктів як метанол, оцтова кислота, природного газу і хлор-хлорметан.

Через відсутність надійних досліджень як і раніше неможливо оцінити масштаби зміни забруднення конголезьких берегів вуглеводнями. Було зафіксовано розливи нафти, особливо з серпня 1998 року, на берегах. Забруднення морського середовища є транскордонним явищем. У 2018 році зростання нафтової активності в Гвінейському районі становив 3,9 млн барелів на добу приблизно 6% видобутку Конго в той час. Таким чином, "вуглеводні, які загрожують водам, лісам і конголезьким морським водам, також надходять з сусідніх країн, а саме Габону, Анголи". Потужні нафтові компанії рекламують свої природоохоронні відомства. Вони хочуть зробити висновок про те, що розширення нафтовидобутку не суперечить захисту екосистем.

При розробці нафтових родовищ найбільш активний вплив на природне середовище має на території самих родовищ, вздовж лінійних споруд (в основному нафтопроводів), в найближчих населених пунктах. При цьому спостерігається порушення рослинності, ґрунтового покриву, поверхневого стоку і мікрорельєфу території. Ці порушення призводять до змін теплових і вологих умов ґрунтового шару і значної зміни його загального стану, що призводить до незворотних наслідків. Видобуток нафти також призводить до змін в глибоких горизонтах геологічного середовища.

Слід зазначити, що нафтопереробна промисловість використовує невідновлювальну сировину в своєму виробництві, що призводить до подальшого потепління поверхні земної атмосфери, розвитку парникового ефекту, зменшення озонового шару, що захищає земну біосферу від додаткової сонячної енергії.

Вирішення цієї проблеми вимагає, перш за все, поглиблення нафтопереробки, що призведе до її раціонального використання і поліпшення природного середовища.

*Стефанович І. С., Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Стефанович П. І., Київський національний університет будівництва і архітектури*

## **ЗАГРОЗИ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ТА ДОВКІЛЛЯ У ЛЬВІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ**

Коротка характеристика водних ресурсів міста Львів та навколишнього середовища зроблена для аналізу ризику охорони природи і забруднення довкілля у Львівській області.

Адміністративним центром Львівської області є місто Львів, на території якого розташовано 50 великих підприємств, випускаються хімічне устаткування та запасні частини до нього, металорізальні верстати та забійні двигуни для нафтовидобувної промисловості, напівпричепи до вантажних та причепи до легкових автомобілів, меблі, паркет, взуття, швейні вироби, солод ячмінний та житній, хлібобулочні вироби, пиво, морозиво, продукція з незбираного молока, масло тваринне, безалкогольні напої, кондитерські вироби, комбікорми, образотворча продукція тощо. Є провідні підприємства ТзОВ "Львівські автобусні заводи", ВАТ "Львівський меблевий комбінат", Львівське ВАТ "Галичфарм", ДП "Львівський ювелірний завод", ВАТ «Львівський хімічний завод». По території проходить лінія Головного європейського вододілу, тому річки та потоки в межах міста відносяться до басейнів Чорного та Балтійського морів. Більша частина водотоків в межах міста є каналізована. Основною річкою Львова є Полтва. Львівводоканал добуває воду лише з підземних джерел, які надійно захищені від поверхневого забруднення. Вода з підземних джерел є екологічно чистою та не потребує додаткової очистки перед подачею до споживачів. На жаль, є проблеми тільки старої мережі – її є близько 800 км по місту. Відповідно є, так зване, вторинне забруднення води. Також є невеликі проблеми щодо твердості води, але це не є катастрофічне перевищення допустимих норм».

Серед мешканців міста, для визначення рівня знань про екологічні проблеми та загрози підприємств, проведено анкетування (забруднення навколишнього середовища).

Існуючими методиками зроблений експертний аналіз відповідних показників води необхідно провести посилення основного етапу очищення – коагуляції води. Підтримання оптимальних режимів коагуляції дозволить знизити навантаження на фільтри, а отже підвищити якість та глибину очищення води. Важливим фактором підвищення якості питної води – є санітарний стан розподільних мереж і, зокрема їх внутрішньої поверхні. Що стосується якості підземної води, то вміст заліза у воді не є критичним і застосована технологія знезалізнення може забезпечити потрібний рівень очищення. Необхідно провести ревізію фільтрів, виявити «вузькі місця» (завантаження, промивка, швидкість та режим фільтрування тощо) та

усунути виявлені недоліки. Розподільна мережа системи централізованого водопостачання м. Львів характеризується значної протяжністю та терміном експлуатації.

Зменшення водоспоживання населенням міста вимагає перерахунку діаметрів труб окремих ділянок траси трубопроводів та введів у будинки. Головна причина аварійних ситуацій на ділянках вводу у будинки – корозія металевих труб, як небезпека, що потребує подальшого аналізу та вивчення ситуації, яка буде наведена в наступних публікаціях.

*Чушкіна І., к.т.н., Дніпровський державний аграрно-економічний університет*  
*Рудаков Д., д.т.н., професор, завідувач кафедри, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»*

*Орлінська О., д.г.н., професор, Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

*Гапіч Г., к.т.н., Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

*Максимова Н., к.т.н., доцент, Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

*Рудаков Л., к.с.-г.н., доцент, Дніпровський державний аграрно-економічний університет*

## **ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ТА УДОСКОНАЛЕННЯ РОЗРАХУНКУ ФІЛЬТРАЦІЙНИХ ВТРАТ ВОДИ З РЕГУЛЮЮЧИХ БАСЕЙНІВ ЗРОШУВАЛЬНИХ СИСТЕМ**

Відновлення зрошувального землеробства в Україні є одним з пріоритетних завдань по забезпеченню продовольчої безпеки країни. Разом з тим, сучасна ситуація в секторі зрошення має кризовий характер, що викликано перш за все погіршенням технічного стану об'єктів меліоративних систем внаслідок їх тривалої та неналежної експлуатації. В більшості випадків технічний стан гідротехнічних споруд на зрошувальних системах характеризується як обмежено працездатний, а загальна інженерна інфраструктура майже повністю вичерпала свій фізичний ресурс. Деякі інженерні об'єкти досягли граничного стану, при якому їх подальша експлуатація неможлива або недоцільна.

На сьогодні одним з найбільш обмежуючих чинників подальшої експлуатації зрошувальних систем є значні втрати води на фільтрацію, які можуть сягати понад 35% і більше від загального об'єму водоподачі. З метою встановлення фактичного об'єму фільтраційних втрат води, що відповідає даним експлуатуючих організацій, авторами були проведенні польові дослідження з визначення технічного стану споруд та теоретичні розрахунки. Загальна кількість об'єктів спостережень склала 10 регулюючих басейнів (РБ), які розташовані на території Дніпропетровської області. Регулюючі басейни представляють собою квадратні у плані споруди з довжиною сторін від 50 до 100 м і середньою глибиною від 4 до 6 м. Розташовуються вони у напіввиїмці-напівнасипу та мають протифільтраційне покриття у вигляді поліетиленової плівки і залізобетонних плит.

Встановлення технічного стану об'єктів та визначення ділянок підвищеної фільтрації води з гідротехнічних споруд виконувалось візуально, за даними контрольної-вимірювальної апаратури та із застосуванням геофізичних методів досліджень природного імпульсного електромагнітного поля Землі і вертикального електричного зондування.

На підставі польових досліджень виконувалась інтерпретація отриманих результатів з подальшими розрахунками фільтраційних втрат води з регулюючих басейнів. Порівняльна оцінка фільтраційних втрат з ГТС проведена за наступними розрахунковими методами:

- за формулою запропонованою В. В Ведерниковим;
- за рекомендаціями діючого стандарту ДБН В.2.4-1-99 «Меліоративні системи та споруди»;
- за запропонованим авторами алгоритмом, який є прикладним застосуванням закону Дарсі.

Під час оцінювання величини фільтраційних втрат води за формулою В. В. Ведерникова, використовували дані про рівень ґрунтових вод встановлені за допомогою вертикального електричного зондування. Розрахунки виконані для однорідного типу ґрунту при безнапірному фільтраційному потоці, що відповідає умовам експлуатації РБ.

Відмінною особливістю визначення фільтраційних втрат води за рекомендаціями до діючого стандарту ДБН В.2.4-1-99 є врахування товщини залізобетонних плит облицювання при усталеній вільній фільтрації.

Слід відмітити, що два попередньо наведених метода мають доволі тісний кореляційний зв'язок але розраховані об'єми фільтраційних втрат води не відповідали фактичним показникам експлуатуючої організації. У зв'язку з цим авторами був запропонований алгоритм, який є прикладним застосуванням закону Дарсі. Даний підхід до оцінювання величини втрат води враховує конструктивні параметри об'єктів та виявлених порушень їх технічного стану, а також властивості геологічного середовища і умов роботи споруд.

За даними польових досліджень та аналітичних розрахунків встановлено, що залежно від конструктивних параметрів регулюючих басейнів та режимів їх експлуатації втрати води на фільтрацію в середньому складають 55 м<sup>3</sup>/місяць на 1 п. м довжини споруди. На порушених ділянках споруд величина фільтраційних втрат води сягає понад 103 м<sup>3</sup>/місяць на 1 п. м довжини. В грошовому еквіваленті при усередненій вартості води 4,5 грн./м<sup>3</sup> втрати на одному типовому регулюючому басейні розміром 100×100 м і глибиною 4 м складають близько 96 тис. грн./місяць.

**Євдокименко Ю. М.**, Київський національний університет будівництва та архітектури

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

### **ЕНЕРГООЩАДНА СИСТЕМА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ З НАПІВПРОНИКНОЮ МЕМБРАНОЮ ДЛЯ ПРИМІЩЕНЬ ЗБЕРІГАННЯ НАСІННЯ РОДИНИ ГАРБУЗОВИХ**

В роботі представлений метод поглибленого ексергоекономічного аналізу, а також приклад його застосування для вибору найбільш енергоощадного способу осушення повітря для приміщення зберігання сільськогосподарської продукції, а саме насіння гарбузу. Подані теоретичні залежності для визначення складових ексергії потоку вологого повітря (термічної, вологісної та механічної, а також повної ексергії). Наведені формули та методика визначення ЕККД «нетто» та ЕККД «брутто». Для візуального представлення розрахунків та аналізу витрат ексергії в СКП побудовані ексергетичні потокові діаграми. Результати розрахунків накопичення вартості на оброблення повітря в системі кондиціонування повітря представлені в вигляді поточкових накопичувальних ексергоекономічних діаграм. За результатами аналізу та порівняння ексергоекономічних затрат для забезпечення необхідних умов зберігання насіння запропонована схема з комбінованим мембранним осушенням повітря.

**Ємчура Б.**, Київський національний університет будівництва і архітектури

**Пахомов Д.**, Київський національний університет будівництва і архітектури

**Кочетов Г.**, д.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

**Самченко Д.**, к.т.н., Київський національний університет будівництва і архітектури

### **ОЧИСТКА СТИЧНИХ ВОД ВІД ІОНІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ФЕРИТИЗАЦІЄЮ З ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЮ ІМПУЛЬСНОЮ АКТИВАЦІЄЮ: ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЧАСТОТИ МАГНІТНОГО ПОЛЯ**

На сьогоднішній день в умовах зростаючої індустріалізації та постійного погіршення екологічної ситуації на перші позиції виходить проблема техногенного забруднення водних ресурсів, які є доволі обмеженими в своїй кількості. Однією із складових цієї проблеми є забруднення водою в результаті скидання стічних вод промислових підприємств, які використовують в своїй роботі технологічні розчини важких металів, зокрема гальванічні.

Для запобігання таким проблемам ключовим є процес організації очистки рідких промислових відходів до належного рівня. В наші дні більшість методів очистки, які задіяно на підприємствах таких, як реагентне осадження та іонний обмін, дають змогу отримати задовільний рівень очистки. Але в результаті очистки цими методами витрачається великий обсяг ресурсів та утворюються продукти водоочистки, утилізація яких є досить проблемною.



Недоліків вище наведених методів можна уникнути при використанні феритизаційної очистки стічних вод. Дана технологія забезпечує можливість збереження цінних компонентів гальванічних розчинів, а також отримання води для повторного використання. Осади що утворюються в результаті феритизації добре утилізуються в якості додаткових компонентів будівельних матеріалів.

Серед основних компонентів стічних вод що утворюються на промислових підприємствах гальванічного виробництва близько 70% становить цинк та його сполуки. Найбільш небезпечним з важких металів що містяться в технологічних розчинах є сполуки хрому 6+. З огляду на ці факти актуальним та перспективним завданням є вдосконалення феритизаційної очистки стічних вод від іонів цинку та хрому.

Як свідчать наші дослідження та попередні данні інших фахівців у галузі очистки промислових стічних вод, на процес феритизації впливає значення рН, температура, концентрація компонентів розчину, а також їх співвідношення.

Слід зазначити, що процес термічної феритизації досить енергоємний, оскільки він відбувається, зазвичай, при температурі вище 80°C і 65°C, а перебіг самого процесу займає до 1 години часу.

Аналогічною високотемпературній активації процесу феритизації може слугувати обробка води електромагнітними імпульсними розрядами. Відомо, що при цьому найдоцільніше застосування розрядів середньої потужності, які також потребують значної кількості енергії. Але у перерахунку ми отримуємо однозначну перевагу у використанні ЕМІ порівняно з термічною феритизацією хоча б у кошторисному співвідношенні, та економії часу на проведення самого процесу очистки.

Експериментальні дослідження присвячені визначенню оптимальних значень для одного із технологічних параметрів феритизаційної очистки з електромагнітно імпульсною активацією процесу – частоти електромагнітних імпульсів. Поставлена мета досягається вирішенням наступних завдань:

- перевірка впливу частоти ЕМІ на ступінь вилічення іонів цинку, хрому та заліза;
- дослідження залежності кількісного та якісного складу твердих відходів феритизації від частоти ЕМІ;
- визначення оптимальних значень даного параметра для досягнення необхідних рівня очистки та енергоефективності технології очистки;

Експериментальні дослідження проводились для двох основних компонентів – іонів цинку та хрому 6+. Для проведення процесу феритизації готували модельні розчини, що за компонентним складом та концентраціями наближено відповідають відпрацьованим технологічним розчинам (стічним водам). Концентрації основного компонента в кожному розчині дорівнювали відповідно: по цинку – 2 г/дм<sup>3</sup> та по хрому 6+ - 1 г/дм<sup>3</sup>.

Феритизація проводилась в лабораторних умовах на прототипі ферит-реактора із застосуванням ЕМІ активації розчину. Процес феритизації проводився за наступним алгоритмом: кожен із модельних розчинів розбавлявся водопровідною водою до отримання розрахункового значення концентрації іону важкого металу. До отриманого розчину додавався 25% розчин сульфату заліза

(II) в розрахунковій к-сті, для отримання заданих співвідношень: для цинку  $Fe^{2+}/Zn^{2+} = 5/1$ ; для хрому  $Fe^{2+}/Cr^{6+} = 10/1$ . Сумарна концентрація іонів важких металів становила для обох розчинів  $\sim 10$  г/дм<sup>3</sup>. Далі при постійному перемішуванні вводився 20% розчин лугу для коригування рН до 10,0-10,5. Отримані суспензії поміщалися в реактор, який знаходився в магнітному полі, та подавалася повітряна суміш з витратою 0,2 дм<sup>3</sup>/хв/1 дм<sup>3</sup> розчину. Процес феритизації проводився продовж 15 хв, при кімнатній температурі 18°C з постійним впливом (активацією) на розчин електромагнітними імпульсами заданої частоти. Генерація імпульсів відбувалась безперервно – 1 загальним пакетом. Серія складалась з 5 дослідів з заданою частотою:

- |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| 1 проба – частота 100Гц; | 2 проба – частота 50 Гц; |
| 3 проба – частота 20 Гц; | 4 проба – частота 10 Гц; |
| 5 проба – частота 1 Гц;  |                          |

Суспензія, отриману після проведення феритизації, охолоджувалась та фільтрувалась. Осад промивався дистиллятом, висушувався в сушильній шафі при температурі 65-70°C та направлявся на рентгенофазовий аналіз. Структура осадів визначалася методом порошкової дифракції, на дифрактометрі XRD-6000 (Shimadzu, Японія) з графітовим монохроматом.

Залишкові концентрації іонів важких металів в очищеній воді визначалися на спектрофотометрі HACH Lange DR3900 за методиками сертифікованими відповідно стандартів USEPA. Результати вилучення цинку та хрому з модельних розчинів отримано наступні:

- |                                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 проба: цинк $[Zn^{2+}]$ - 0,36 мг/дм <sup>3</sup> ; хром $[Cr^{3+}]$ – 0,103 мг/дм <sup>3</sup> ; |
| 2 проба: цинк $[Zn^{2+}]$ - 0,14 мг/дм <sup>3</sup> ; хром $[Cr^{3+}]$ – 0,129 мг/дм <sup>3</sup> ; |
| 3 проба: цинк $[Zn^{2+}]$ - 0,12 мг/дм <sup>3</sup> ; хром $[Cr^{3+}]$ – 0,085 мг/дм <sup>3</sup> ; |
| 4 проба: цинк $[Zn^{2+}]$ - 0,16 мг/дм <sup>3</sup> ; хром $[Cr^{3+}]$ – 0,009 мг/дм <sup>3</sup> ; |
| 5 проба: цинк $[Zn^{2+}]$ - 0,13 мг/дм <sup>3</sup> ; хром $[Cr^{3+}]$ – 0,016 мг/дм <sup>3</sup> ; |

Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок, що вода після процесу очистки феритизацією задовольняє вимоги нормативу для оборотного водопостачання по концентраціям як цинку, так і хрому. Як свідчать експериментальні дані найвищого ефекту очистки досягнуто в 3, 4 та 5 пробах, тож оптимальними для застосування в процесі проведення феритизації з ЕМІ є низькі частоти в діапазоні від 1 до 20 Гц. В результаті чого можна додатково знизити затрати енергії на генерацію імпульсів та капітальні витрати на водоочистку в цілому.

Отже аналізуючи та узагальнюючи всі отримані дані робимо висновок, що використання феритизаційної очистки гальванічних стічних вод з ЕМІ активацією процесу є досить перспективним. Досліджено оптимальні значення частоти імпульсів: діапазон від 1 до 20 Гц, що дозволяє зменшити енергетичні витрати.

Проте перспективними в подальшому є дослідження з визначення впливу та оптимізації інших технологічних параметрів генерації ЕМІ, таких як кількість імпульсів, формування пакетів імпульсів та їх наповнення, період між пакетами та ін. Експериментальні та теоретичні дослідження цих параметрів заплановано виконати в подальшому, та сформувані в результаті перелік оптимальних значень для всіх основних параметрів.

