

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Сучасні технології  
у промисловому виробництві**

**МАТЕРІАЛИ**

**НАУКОВО - ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
ВИКЛАДАЧІВ, СПІВРОБІТНИКІВ,  
АСПІРАНТІВ І СТУДЕНТІВ  
ФАКУЛЬТЕТУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ  
ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
(Суми, 18–21 квітня 2017 року)**

**ЧАСТИНА 2**

**Конференція присвячена Дню науки в Україні**

Суми  
Сумський державний університет  
2017

УДК 001.891(063)  
С91

Редакційна колегія:

відповідальний редактор – кандидат технічних наук, доцент  
О. Г. Гусак;

заступник відповідального редактора – кандидат технічних наук,  
доцент В. Г. Євтухов

Члени редакційної колегії:

кандидат хімічних наук, доцент С. Б. Большаніна; кандидат  
технічних наук, доцент С. М. Ванєєв; доктор технічних наук,  
професор В. О. Залога; кандидат технічних наук, професор  
І. Б. Карінцев; кандидат технічних наук, професор  
І. О. Ковальов; кандидат технічних наук, доцент  
А. В. Загорулько; доктор технічних наук, професор  
К. О. Дядюра; доктор технічних наук, професор Л. Д. Пляцук;  
доктор технічних наук, професор В. І. Склабінський

С91 **Сучасні технології у промисловому виробництві:**  
матеріали науково-технічної конференції викладачів,  
співробітників, аспірантів і студентів факультету техніч-  
них систем та енергоефективних технологій (м. Суми,  
18–21 квітня 2017 р.) : у двох частинах / редкол.:  
О. Г. Гусак, В. Г. Євтухов. – Суми : Сумський  
державний університет, 2017. – Ч. 2. – 165 с.

**УДК 001.891(063)**

До збірника ввійшли тези та матеріали доповідей, у яких наведені результати наукових досліджень студентів, аспірантів та викладачів факультету технічних систем та енергоефективних технологій СумДУ та інших ВНЗ України. Збірник може бути корисним для викладачів, аспірантів і студентів ВНЗ, а також інженерів галузей загального та хімічного машинобудування.

## ***Шановні пані та панове!***

Деканат та кафедри факультету технічних систем та енергоефективних технологій Сумського державного університету запрошують Вас узяти участь у роботі науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів.

Конференція відбудуватиметься з 18 по 21 квітня 2017 року.

Час та місце роботи секцій, які Вас цікавлять, наведені в програмі.

Адреса університету: 40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2.

Телефон для довідок 33-10-24.

## ***Відкриття конференції***

18 квітня 2017 р.

Початок о 12<sup>50</sup>, ауд. А 215.

**Програма і завдання конференції. Розповсюдження тез доповідей по секціях.**

**Голова оргкомітету**                      доц. Гусак О. Г.

## ***Робота по секціях***

### **СЕКЦІЯ «ТЕХНІЧНА ТЕПЛОФІЗИКА»**

Голова – доц. С. М. Ванеєв.  
Секретар – аспірант А. В. Бондар

20 квітня 2017 р.

Початок о 10<sup>00</sup>, ауд. ЛБ-205.

1. Аналіз ефективності роботи конденсатора повітряного охолодження парокompресійної холодильної машини.

Доп.:                      Заставенко М. В., студент гр. Х.м-61.  
Кер.:                      Козін В. М., ст. викладач.

2. Аналіз ефективності роботи горизонтального кожухотрубного випарника фреонової парокompресійної холодильної машини.

Доп.:                      Буланда В. С., студент гр. Х.м-61.  
Кер.:                      Козін В. М., ст. викладач.

3. Адіабатні скипаючі потоки у соплах: вплив тиску на релаксаційне пароутворення.

Доп.:                      Чех О. Ю., аспірант.  
Кер.:                      Арсен'єв В. М., професор.

4. Дослідження впливу масштабного фактору на характеристики лабіринтних ущільнень.

Доп.:                      Мартиш Д. С., студент гр. К-31.  
Кер.:                      Бага В. М., ст. викладач.

5. Підвищення ефективності лабіринтних ущільнень.

Доп.:                      Подоляка О. І., студент гр. К.м-61.  
Кер.:                      Бага В. М., ст. викладач.

6. Выбор типа межступенчатых уплотнений центробежного компрессора дожимной компрессорной станции.

Докл.: Майборода В. И., студентка гр. К.м-61, СумГУ.  
Рук.: Бондаренко Г. А., профессор, СумГУ;  
Рогальский С. А., вед. инженер-конструктор;  
Тертышный И. Н., вед. инженер-конструктор,  
ПАО «Сумское НПО».

7. Расчет и проектирование аэродинамического стенда.

Докл.: Лазоренко Н. А., студент гр. К.м-61.  
Рук.: Калинкевич Н. В., профессор.

8. Исследование процесса всасывания жидкостно-кольцевой машины.

Докл.: Кривошеев А. А., студент гр. К.м-61.  
Рук.: Вертепов Ю. М., доцент.

9. Дослідження впливу перетікання на характеристики ступені відцентрового компресора.

Доп.: Краснюкова К. В., студентка гр. К.м-51.  
Кер.: Бондаренко Г. А., професор.

10. Оптимизация геометрической конфигурации кольцевой сборной камеры в центробежном компрессоре.

Докл.: Майдан А. А., студентка гр. К.м-61.  
Рук.: Бондаренко Г. А., профессор, СумГУ;  
Нефёдов А. Н., нач. лаборатории, ПАО «Сумское НПО».

## **СЕКЦІЯ «ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ЕНЕРГОЄМНИХ ВИРОБНИЦТВ» КАФЕДРА ТЕХНІЧНОЇ ТЕПЛОФІЗИКИ**

Голова – доц. С. М. Ванєєв.  
Секретар – аспірант А. В. Бондар

20 квітня 2017 р.

Початок о 10<sup>00</sup>, ауд. ЛБ-205.

1. Дослідження ефективності використання діоксиду вуглецю в якості робочої речовини в холодильній установці.

Доп.: Михайленко Є. С., студент гр. Х.м-61.  
Кер.: Арсеньев В. М., професор.

2. Исследование возможности применения многопоточных проточных частей вихревой расширительной машины с внешним периферийным каналом.

Докл.: Мирошниченко Д. В., аспирант.  
Рук.: Ванєєв С. М., доцент.

3. Дослідження робочого процесу вихрової розширювальної машини з бічним каналом.

Доп.: Бондар А. В., аспірант.  
Кер.: Ванєєв С. М., доцент.

4. Повышение энергоэффективности автомобильных газонаполнительных компрессорных станций.

Докл.: Пискунов В. Р., студент гр. К.м-51.  
Рук.: Бондаренко Г. А., профессор.

5. Расчет турбогенератора для собственных нужд ГРС на базе вихревой расширительной турбомашини.

Докл.: Мирошниченко Д. В., аспірант,  
Бондар А. В., аспірант,  
Шишова Е. Ю., студентка гр. К.м-61,  
Смоленко Д. В., студент гр. К-31.  
Рук.: Ванєєв С. М., доцент.

6. Розрахунок втрат повного тиску в роторі струминно-реактивної турбіни.

Доп.: Сорокін В. А., студент гр. К.м-51.  
Кер.: Ванєєв С. М., доцент.

7. Дослідження течії газу в струминно-реактивній турбіні з визначенням показників її ефективності.

Доп.: Родимченко Т. С., студентка гр. К.м-61.  
Кер.: Ванєєв С. М., доцент.

8. Підвищення теплонадходження до сонячних панелей, що працюють для вироблення теплової енергії.

Доп.: Винниченко Б. О., студент гр. Х-31.  
Кер.: Козін В. М., ст. викладач.

9. Расчет газодинамических характеристик центробежного компрессора.

Докл.: Павленко А. П., студентка гр. К.м-61.  
Рук.: Калининевич Н. В., профессор.

10. Уточнення безрозмірних характеристик ступеня відцентрового компресора високого тиску.

Доп.: Руденко Д. М., студент гр. К.м-61.  
Кер.: Калінкевич Н. В., професор.

11. Оптимізація режимів роботи повітряної КС з використанням математичної моделі.

Доп.: Лисенко І. В., студент гр. К.м-51.  
Кер.: Бондаренко Г. А., профессор.

## СЕКЦІЯ «ГІДРАВЛІЧНІ МАШИНИ ТА ГІДРОПНЕВМОАГРЕГАТИ»

Голова – проф. І. О. Ковальов.

Секретар – доц. О. С. Ігнат'єв

19-20 квітня 2017 р.

Початок о 13<sup>25</sup>, ауд. ЛБ-110.

1. Підвищення енергоефективності вільновихрових насосів з урахуванням вартості їх життєвого циклу.

Доп.: Кондусь В. Ю., аспірант.  
Матвієнко Ю. О., студент гр. ГМм-51.

2. Дослідження гідродинамічних процесів у відцентрових насосах з метою зниження їх віброактивності.

Доп.: Москаленко В. В., аспірант.  
Кер.: Сотник М. І., доцент.

3. Результати енергетичних випробувань герметичного моноблочного електронасосу.

Доп.: Молошний О. М., аспірант.  
Кер.: Сотник М. І., доцент.

4. Гідроаеромеханіка і математика.

Доп.: Васильченко Д. Р., студент гр. ГМм-41,  
Нагорна К. В., студентка, гр. ГМм-41.  
Кер.: Ковальов І. О., професор,

5. Економічна доцільність заміни робочого колеса вільновихрового насоса.

Доп.: Кондусь В. Ю., аспірант.  
Кер.: Котенко О. І., доцент.

6. Оптимізація роботи вільновихрового насоса за рахунок немодельної зміни геометрії проточної частини насоса.

Доп.: Єрмоленко Т. І., студентка гр. ГМ-31.  
Кер.: Панченко В. О., асистент.

7. Вільновихровий насос для мікробіологічної промисловості .

Доп.: Одненко А. І., студент гр. ГМ-31.  
Кер.: Герман В. Ф., доцент.

8. Особенності проектування отводящего устройства свободновихрового насоса типа «TURO».

Докл.: Кудин С. В., студент.  
Рук.: Криштоп І. В., науч. сотрудник,  
Герман В. Ф., доцент,

9. Розрахунок вітрових турбін для вітрових потоків України.

Доп.: Медвідь А. М., студент гр. ГМм-51.

Кер.: Липовий В. М., наук. співробітник,  
Папченко А. А., доцент.

10. Дослідження потоку рідини в робочому колесі відцентрового насоса низької швидкохідності.

Доп.: Рибальченко І. С., студент гр. ГМм-51.

Кер.: Матвієнко О. А., ст. викладач.

11. Удосконалення робочого процесу вакуумного пластинчастого насоса.

Доп.: Видиш Ю. О., студент гр. ГМм-51.

Кер.: Ігнат'єв О. С., доцент.

12. Особливості робочого процесу відцентрового ступеня низької швидкохідності.

Доп.: Вірченко В. І., студент гр. ГМм-51.

Кер.: Ковальов І. О., професор.

13. Методика проведення розрахунків течії у розвантажувальному пристрої багатоступеневого відцентрового насоса.

Доп.: Суворова Л. Ю., студентка гр. ГМм-51.

Кер.: Колісніченко Е. В., доцент.

14. Дослідження потоку рідини в проточній частині вільновихрового насоса з метою підвищення його енергоефективності шляхом вдосконалення конструкції робочого колеса.

Доп.: Матвієнко Ю. О., студент гр. ГМм-51.

Кер.: Котенко О. І., доцент.

## **СЕКЦІЯ «ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ЕНЕРГОЄМНИХ ВИРОБНИЦТВ» КАФЕДРА ПРИКЛАДНА ГІДРОАЕРОМЕХАНІКА**

Голова – проф. І. О. Ковальов.

Секретар – доц. О. С. Ігнат'єв

19-20 квітня 2017 р.

Початок о 13<sup>25</sup>, ауд. ЛБ-110.

1. Використання чисельного методу моделювання потоку теплоносія в опалювальному приладі при різних умовах його експлуатації.

Доп.: Іржавська І. О., студентка гр. ЕМм-51,

Лямзіна Т. Ю., студентка гр. ЕМм-51.

Кер.: Антоненко С. С., доцент.



2. Аналіз енергоефективності систем енергозабезпечення дитячих навчальних закладів.

Доп.: Коваленко І. С., студент гр. ЕМ-31.  
Кер.: Антоненко С. С., доцент

3. Моделювання кондиціонування приміщення при змінних температурах зовнішнього середовища.

Доп.: Гузь О. А., студентка гр. ЕМм-51.  
Кер.: Хованський С. О., доцент.

4. Числове моделювання повітророзподільних пристроїв припливних систем вентиляції.

Доп.: Влізько В. Л., студент гр. ЕМм-51.  
Кер.: Хованський С. О., доцент.

5. Порівняння двох систем опалення на прикладі будівлі навчального закладу.

Доп.: Строкін О. О., студент гр. ЕМм-51  
Кер.: Мандрика А. С., доцент.

6. Аналіз енерго- та екологоефективності системи опалення спортивно-оздоровчого табору «УНІВЕР».

Доп.: Коваленко Є. С., студент гр. ЕМм-61.  
Кер.: Мандрика А. С., доцент.

7. Модернізація опалення адміністративної будівлі .

Доп.: Акименко М. В., студент гр. ЕМм-61.  
Кер.: Мандрика А. С., доцент.

8. Теплозабезпечення об'єктів приватної забудови міста .

Доп.: Положай Б. В., студент гр. ЕМм-61.  
Кер.: Сотник М. І., доцент.

9. Створення системи енергетичного менеджменту в управлінні освіті і науки м. Суми.

Доп.: Горбачова Б. Ю., студентка гр. ЕМм-61  
Кер.: Сапожніков С. В., доцент.

10. Прогнозування та контроль споживання газу при теплозабезпеченні будівлі.

Доп.: Іванова А. Ю., студентка гр. ЕМ-31.  
Кер.: Сотник М. І., доцент.

11. Результати дослідження режиму чергового опалення приміщення.  
Доп.: Черноброва А. К., студентка гр. ЕММ-51.  
Кер.: Сотник М. І., доцент.
12. Створення лабораторного стенду з сонячним колектором.  
Доп.: Остапенко І. О., студент гр. Х-41.  
Кер.: Сапожніков С. В., доцент.
13. Аналіз результатів впровадження на ПАТ «Сумське НВО» системи енергетичного менеджменту.  
Доп.: Назарько Н. В., студентка гр. ЕММ-51  
Кер.: Сапожніков С. В., доцент.
14. Моделювання теплового стану приміщення з системою обігріву «ТЕПЛА СТІНА».  
Доп.: Демченко С. М., студентка гр. ЕММ-61.  
Кер.: Хованський С. О., доцент.
15. Створення мобільних систем безпілотної авіаційнотепловізійної діагностики.  
Доп.: Денисенко Т. М., студент гр. ЕМ-31.  
Кер.: Хованський С. О., доцент.
16. Формування енергетично грамотної поведінки та енергоощадної життєвої позиції у сучасної молоді .  
Доп.: Леонова Д. О., студентка гр. ЕММ-61.  
Кер.: Хованський С. О., доцент.
17. Демонстраційна зона з виховання енергоощадної поведінки та навичок економічного використання водних ресурсів.  
Доп.: Феденченко І. М., студент гр. ЕМ-31  
Кер.: Хованський С. О., доцент.
18. Моделювання теплового стану приміщення з системою обігріву «ТЕПЛА ПІДЛОГА»  
Доп.: Науменко Р. С., студент гр. ЕММ-61.  
Кер.: Хованський С. О., доцент.
19. Дослідження енергоефективності будівлі філії «Білопільський РЕМ» ПАТ «Сумиобенерго» .  
Доп.: Карпова М. А. , студентк гр. ЕМз-11.  
Кер.: Мандрика А. С., доцент.

20. Порівняння двох систем опалення на прикладі будівель виробничих майстерень.

Доп.: Киян Ю. О., студентка гр. ЕМм-61.

Кер.: Мандрика А. С., доцент.

## СЕКЦІЯ «ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ ТА ІНЖЕНЕРІЯ»

Голова – проф. В. І. Склабінський.

Заступник голови – проф. В. Я. Стороженко.

Секретар – асп. А. В. Іванія

18 квітня 2017 р.

Початок в 9<sup>00</sup>, ауд. ЛА 205.

1. Аналіз умов регенерації гліколів.

Доп.: Баян Д. І., магістрант гр. ХМ.мз-52с.

Кер.: Склабінський В. І., професор.

2. Вплив тиску та температури на появу гідратів.

Доп.: Гаврилюк С. М., магістрант гр. ХМ.мз-52с.

Кер.: Склабінський В. І., професор.

3. Основні способи очищення газу від сірководню.

Доп.: Мазенко О. М., студент гр. ХМ.сз-61ш.

Кер.: Склабінський В. І., професор.

4. Дослідження процесу сепарації у гравітаційному поличному пневмокласифікаторі.

Доп.: Крісанова Д. В., магістрантка гр. ХМ.м-51.

Кер.: Юхименко М. П., доцент.

5. Реалізація сумісного процесу сушіння та пневмосепарації у сушарках киплячого шару.

Доп.: Кушвід О. А., студентка гр. ХМ-31.

Кер.: Юхименко М. П., доцент.

6. Шляхи інтенсифікації процесу сушіння зернистих матеріалів у барабанній сушарці.

Доп.: Новіков С. О., студент гр. ХМ-31.

Кер.: Юхименко М. П., доцент.

7. Затрати потужності на перемішування в газорідному реакторі зі статором.

Доп.: Батюга А. С., магістрант гр. ХМ.м-51.

Кер.: Стороженко В. Я., професор.

8. Аналіз методів та обладнання для 3D друку будівель.  
 Доп.: Пилипенко О. С., магістрант гр. ХМ.м-51,  
 Варуха Д. О., студент гр. ХМ-31.  
 Кер.: Смирнов В. А., асистент,  
 Ляпощенко О. О., доцент.
9. Оптимізація роботи сушильно-абсорбційного відділення цеху виробництва сірчаної кислоти.  
 Доп.: Гончаренко О. М., магістрант гр. ХМ.м-51.  
 Кер.: Михайловський Я. Е., доцент.
10. Определение числа теоретических тарелок при расчете ректификационных колонн.  
 Докл.: Аббас Самих, магістрант гр. ХМ.м-62р.  
 Рук.: Михайловский Я. Э., доцент.
11. Сырье и оборудование при производстве керамического кирпича.  
 Докл.: Багтияров Атаджан, студент гр. ХМ-32р.  
 Рук.: Яхненко С. М., доцент.
12. Диагностика и дефектоскопия в нефтехимической промышленности.  
 Докл.: Хеззиев Аман, студент гр. ХМ-32р.  
 Рук.: Яхненко С. М., доцент.
13. Technology development of obtaining high concentration ammonia water and liquid multiple-nutrient fertilizers on its basis.  
 Speaker: Ilchenko A. O., master of sciences group ХМ.м-61.  
 Supervisor: Skydanenko M. S., senior lecturer,  
 Liaposhchenko O. O., Assoc. Prof.
14. Виробництво аміачної води та рідких азотних добрив.  
 Доп.: Варуха Д. О., студент гр. ХМ-31.  
 Кер.: Скиданенко М. С., ст. викладач,  
 Михайловський Я. Е., доцент.
15. Моделювання процесу розділення водонафтової емульсії CFD-методами.  
 Доп.: Старинський О. Є., магістрант гр. ХМ.м-61,  
 Дем'яненко М. М., магістрант гр. КМ.м-51.  
 Кер.: Настенко О. В., асистент,  
 Ляпощенко О. О., доцент,  
 Павленко І. В., доцент.

16. Розробка об'ємно-трубчастого реактора з турбоежекційним перемішуючим пристроєм для отримання аміачної води високої концентрації.  
Доп.: Люшниченко М. П., студентка гр. ХМ-31,  
Старинський О. Є., магістрант гр. ХМ.м-61.  
Кер.: Скиданенко М. С., ст. викладач,  
Ляпощенко О. О., доцент, Стороженко В. Я., професор.
17. Вихровий зважений шар в умовах стисненого руху гранул: закономірності формування та основні режими роботи.  
Доп.: Кремнев О. В., магістрант гр. ХМ.м-61,  
Ведмедера В. С., магістрант гр. ХМ.м-51.  
Кер.: Артюхов А. Є., доцент.
18. Кінетика гранулювання органічних суспензій в апаратах з активною гідродинамікою потоків.  
Доп.: Шевець С. П., магістрант гр. ХМ.м-51.  
Кер.: Острога Р. О., ст. викладач.
19. Апаратурне оформлення процесу капсулювання гранульованих мінеральних добрив.  
Доп.: Артюхова Н. Р., студентка гр. ХМ-31.  
Кер.: Острога Р. О., ст. викладач.
20. Влияние технологических параметров на процесс гликолевой осушки газа.  
Докл.: Оладеле Абайоми Темидайо,  
магістрант гр. ХМ.м-62р.  
Рук.: Острога Р. А., ст. викладач.
21. Дослідження двошарових гранул що одержані в вихрових апаратах зваженого шару.  
Доп.: Іванія А. В., аспірант.
22. Повышение качества состава расплавов азотных и комплексных удобрений.  
Докл.: Кононенко Н. П., ст. науч. сотрудник.
23. Підвищення якості азотних та комплексних добрив.  
Доп.: Кононенко М. П., ст. наук. співробітник.
24. Природоохранные технологии в производстве удобрений.  
Докл.: Якушко С.И., доцент.

25. Вплив режиму обробки силумінів на морфологію кобальтовмісних ПЕО-покривів.

Доп.: Каракуркчі Г. В., нач. НДЛ.  
Кер.: Сахненко М. Д., зав. кафедри фізичної хімії,  
Ведь М. В., професор, НТУ «ХПІ», м. Харків.

26. Определение параметров математической модели процесса концентрирования серной кислоты испарением в поток нейтрального газа.

Докл.: Романько С. Н., аспирант, ШИ СумГУ.  
Рук.: Лукашев В. К., профессор, ШИ СумГУ, г. Шостка.

### **СЕКЦІЯ «ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»**

Голова секції – проф. Л. Д. Пляцук.  
Секретар – асистент І. Ю. Аблеєва

18 квітня 2017 р.

Початок о 10<sup>00</sup>, ауд. Ц-204.

1. Реалізація Європейської концепції поведінки з ТПВ: досвід ЄС для України.

Доп.: Фалько А. С., магістрант гр. ТСм-61, СумДУ,  
м. Суми.  
Кер.: Мельник О. С., доцент, ГНПУ ім. О. Довженка,  
м. Глухів.

2. Дослідження шкідливого впливу іонізуючого випромінювання на організм людини.

Доп.: Орлов Б. О., Григоренко Д. І., студенти гр. ЕМ-51.  
Кер.: Аблеєва І. Ю., асистент.

3. Моніторинг якості та безпечності рибопродукції.

Доп.: Матяш Я. О., студент гр. ТС-31.  
Кер.: Черниш Є. Ю., докторант.

4. Утилізація відходів виробництва теплової енергії.

Доп.: Олійник Л. В., магістрант гр. ТСм-51.  
Кер.: Пляцук Л. Д., професор.

5. Електромагнітне випромінювання та його вплив на організм людини.

Доп.: Медвідь С. А., Підопригора Н. М., студенти гр.ЕМ-51.  
Кер.: Аблеєва І. Ю., асистент.

6. Проблеми поводження з медичними відходами в Сумській області.  
Доп.: Жмурко М. І., магістрант гр. ЕКмз-62с.  
Кер.: Лазненко Д. О., доцент.
7. Оцінка впливу промислових підприємств на атмосферне повітря.  
Доп.: Пархоменко О. С., студентка гр. ТС-31.  
Кер.: Гурець Л. Л., доцент.
8. Огляд можливостей біохімічної переробки фосфогіпсу.  
Доп.: Алієва М. О., магістрант гр. ТСм-61.  
Кер.: Черниш Е. Ю., докторант.
9. Енергозберігаючі лампи, які живляться від тренажерів.  
Доп.: Литвиненко М. А., студентка гр. ЕМ-51.  
Кер.: Аблєєва І. Ю., асистент.
10. Поліпшення стану виробничого середовища за шумовими характеристиками.  
Доп.: Кушніренко Я. В., студент гр. ІМ-51.  
Кер.: Аблєєва І. Ю., асистент.
11. Зниження техногенного навантаження на атмосферу підприємств хімічної промисловості.  
Доп.: Лєго К. В., магістрант гр. ТСм-61.  
Кер.: Козій І. С., доцент.
12. Вимоги до озеленення вищих навчальних закладів.  
Доп.: Рєдька К. С., студентка гр. ТС-31.  
Кер.: Гурець Л. Л., доцент.
13. Очищення комунальних стічних вод від фосфатів.  
Доп.: Штанько Т. В., магістрант гр. ТСм-51.  
Кер.: Лазненко Д. О., доцент.
14. Ефективність використання LED-ламп з точки зору якості освітлення у приміщеннях.  
Доп.: Авраменко С. Є., студент гр. ЕМ-51.  
Кер.: Аблєєва І. Ю., асистент.
15. Пилові викиди та їх вплив на здоров'я людини.  
Доп.: Петроченко К. О., магістрант гр. ЕКмз-62с.  
Кер.: Козій І. С., доцент.

16. Деякі аспекти застосування сумісної звуко- й теплоізоляції будівель.  
Доп.: Махотка Т. О., студент гр. ЕМ-51.  
Кер.: Аблеєва І. Ю., асистент.
17. Оцінка техногенного впливу об'єктів теплоенергетики на атмосферне повітря.  
Доп.: Федченко Т. С., магістрант гр. ТСм-51.  
Кер.: Гурець Л. Л., доцент.
18. Про необхідність оцінки ефективності функціонування природоохоронних територій.  
Доп.: Мартим'янов О. С., магістрант гр. ТСм-61, СумДУ.  
Кер.: Кузьміна Т. М., доцент, СумДУ,  
Дериземля А. М., викладач СумДПУ, м. Суми,  
Бабко Р. В., ст. наук. співроб., Інститут зоології  
НАНУ, м. Київ.
19. Аналіз екологічної безпеки використання пластику для 3D-друку в м. Суми.  
Доп.: Івашев С. Ю., студент гр. ЕМ-51.  
Кер.: Аблеєва І. Ю., асистент.
20. Переробка відходів газоочищення ТЕЦ.  
Доп.: М'якаєва Г. М., аспірантка.  
Кер.: Пляцук Л. Д., професор.
21. Визначення місць захоронення ТПВ.  
Доп.: Коцура Н. М., студентка гр. ТС-31.  
Кер.: Лазненко Д. О., доцент.
22. Вивчення рівня забруднення атмосферного повітря методами біоіндикації.  
Доп.: Хижняк Т. О., студентка гр. ТС-31.  
Кер.: Шевченко С. М., доцент.
23. Біотестування, як ефектний метод оцінки якості навколишнього середовища.  
Доп.: Мельник О. П., магістрант гр. ТСм-61.  
Кер.: Пляцук Л. Д., професор.
24. Оцінка техногенного навантаження.  
Доп.: М'якаєв О. В., аспірант.  
Кер.: Пляцук Л. Д., професор.



25. Інфразвук та його вплив на організм людини.  
Доп.: Ракітянський М. М., студент гр. ІМ-51.  
Кер.: Аблеєва І. Ю., асистент.
26. Застосування найкращих доступних технологій та методів керування на підприємствах України.  
Доп.: Скняря О. О., магістрант гр. ТСМ-61.  
Кер.: Лазненко Д. О., доцент.
27. Зниження техногенного впливу на навколишнє середовище виробництва депо Смородино.  
Доп.: Василенко А. І., магістрант гр. ТСМ-61.  
Кер.: Соляник В. О., доцент.
28. Перспектива використання геліосистем в Україні.  
Докл.: Нишпоренко Р. В., студент гр. ТС-31.  
Кер.: Рой І. О., асистент.
29. Зниження навантаження на довілля вищими навчальними закладами.  
Доп.: Щербак А. І., магістрант гр. ТСМ-61.  
Кер.: Лазненко Д. О., доцент.
30. Аналіз причин виробничого травматизму в Україні.  
Доп.: Басов Б. С., студент гр. ЕМ-51.  
Кер.: Аблеєва І. Ю., асистент, Батальцев Є. В., асистент.
31. Фактори впливу на стан річки Сумки на території міста Суми.  
Доп.: Споріш О. О., магістрант гр. ТСМ-61, СумДУ, м. Суми, Україна.  
Кер.: Кузьміна Т. М., доцент, СумДУ, м. Суми, Україна, Лагуд Г., доцент, Університет «Люблінська Політехніка», м. Люблін, Польща, Бабко Р. В., ст. наук. співроб., Інститут зоології НАНУ, м. Київ, Україна.
32. Комплексний підхід до вирішення проблеми утилізації нафтових шламів.  
Доп.: Москаленко Д. Ю., студент гр. ЕКЗ-21с.  
Кер.: Аблеєва І. Ю., асистент, Пляцук Л. Д., професор.
33. Дослідження і оптимізація режимів роботи міських очисних споруд м. Шостка.  
Доп.: Костенко В. А., магістрант гр. ТСМ-51.  
Кер.: Соляник В. О., доцент.

34. Оцінка ефективності використання сонячних панелей в умовах житлового фонду міста.

Доп.: Романов А. А., магістрант гр. ТСМ-61.

Кер.: Шевченко С. М., доцент.

35. Застосування технологій перероблення твердих побутових відходів в умовах України.

Доп.: Алтухова К. О., магістрант гр. ТСМ-51.

36. Оцінка рівня забруднення вихлопними газами автомобілей вздовж основних транспортних шляхів міста Суми.

Доп.: Костенко М. К., магістрант гр. ТСМ-61.

Кер.: Шевченко С. М., доцент.

37. Оцінка техногенного навантаження на довкілля від об'єктів теплоенергетики з використанням альтернативних джерел палива.

Доп.: Голінач Б. С., магістрант гр. ТСМ-51.

Кер.: Пляцук Л. Д., професор.

38. Екологія житла.

Доп.: Бондар О. О., студент гр. ЕКз-21с.

Кер.: Трунова І. О., доцент.

39. Піноскло як екологічно безпечний утеплювач.

Доп.: Ревенко Г. О., магістрант гр. ТСМ-51.

Кер.: Трунова І. О., доцент.

40. Характеристика теріофауни м.Суми.

Доп.: Василега В. Д., пров. фахівець, м. Суми.

41. Міграція важких металів у ґрунті.

Доп.: Макаренко Н. О., пров. фахівець.

Кер.: Пляцук Л. Д., професор.

42. Екологізація виробництва ТОВ «Мотор-деталь» м. Конотоп.

Доп.: Крушина Д. С., магістрант гр. ЕКмз-62с.

Кер.: Соляник В. О., доцент.

# **ТЕХНІЧНА ТЕПЛОФІЗИКА**

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ КОНДЕНСАТОРА ПОВІТРЯНОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ПАРОКОМПРЕСІЙНОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ

*Козін В. М., ст. викладач; Заставенко М. В., студент*

З часом резерви розвіданих первинних ресурсів вичерпуються, кількість нафти і природного газу, з розумною ціною видобування, з кожним роком стає менше, а попит на них зростає. Крім того, останнім часом спостерігається загальна тенденція стрімкого подорожчання первинних енергоресурсів, що у свою чергу призводить до зростання цін на кінцевий продукт. Очевидно, що економія первинних енергоресурсів є невід'ємною складовою будь-якого підприємства, зокрема пов'язаного із використанням холодильної техніки.

Невід'ємною частиною будь-якої парокомпресійної холодильної машини є конденсатор – теплообмінний апарат, призначений для відведення теплоти, яку холодильний агент сприйняв від продукту, а також теплоти, еквівалентній роботі стиснення у компресорі. У результаті передачі теплоти охолоджуючому середовищу стиснена пара холодильного агента охолоджується до температури конденсації, а потім при подальшому відведенні теплоти конденсується, щоб знову розширитися, охолодитися та відвести у випарнику нову порцію тепла. Отже, конденсатор є важливою частиною холодильної машини без якого її робота була б не можливою.

Найбільше розповсюдження за типом охолоджуючого середовища отримали конденсатори водяного охолодження. Це досить ефективні, порівняно компактні, мало металоємні апарати. Однак для роботи їм необхідне джерело холодної води, яке не завжди є поряд, а також вимагає додаткових систем з транспортування, охолодження та підготовки води, вартісного періодичного обслуговування. Все це вимагає значних постійних експлуатаційних та капітальних витрат.

Усіх цих недоліків позбавлені апарати повітряного охолодження, однак їх робота дуже залежить від температури довкілля, яка змінюється як протягом доби, так і протягом року, а також – від швидкості руху охолоджуючого повітря, яка створюється роботою вентиляторів. Через малу інтенсивність тепловіддачі з боку повітря конденсатори повітряного охолодження мають низькі значення коефіцієнта теплопередачі, що спричиняє низьку їх компактність та є одним з головних їх недоліків. Збільшення коефіцієнта теплопередачі досягають використанням різних методів інтенсифікації тепловіддачі. Серед яких найпоширенішим є використання оребрення.

Результатом аналітичного дослідження є побудова робочих характеристик конденсатора та виявлення впливу гідравлічних та термодинамічних параметрів холодного потоку на характеристику апарата, а саме впливу швидкості та температури повітря, яким обдувається трубний пучок на ефективність тепловіддачі, геометричних розмірів пучка, наявності оребрення, теплопровідності матеріалу поверхні теплопередачі тощо.

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО КОЖУХОТРУБНОГО ВИПАРНИКА ФРЕОНОВОЇ ПАРОКОМПРЕСІЙНОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ

*Козін В. М., ст. викладач; Буланда В. С., студент*

Горизонтальні кожухотрубні апарати отримали значне розповсюдження у багатьох галузях промисловості завдяки простоті конструкції, надійності, порівняно високій ефективності, компактності, можливості передавати значні теплові потоки між середовищами, які можуть мати дуже відмінні та значні тиски. Залежно від температур теплоносіїв ці апарати можуть виконуватися як з нерухомою трубною решіткою, так і з використанням різних способів компенсації температурних деформацій. У холодильній техніці ці теплообмінні апарати використовуються переважно як випарники холодильних машин середньої та великої холодопродуктивності, починаючи від 15 кВт. Без випарника не можлива робота будь-якої холодильної машини, а ефективність його роботи напряму визначає енергетичні та економічні показники машини в цілому.

Незворотні втрати енергії у процесах, які відбуваються у теплообмінних апаратах, зумовлені двома джерелами: передачею тепла при кінцевій різниці температур та рухом матеріальних потоків у замкнених об'ємах. Врахування цих умов при проектуванні теплообмінних апаратів завжди містить елемент невизначеності, пов'язаний з різними факторами як розрахункового характеру, так і майбутніх експлуатаційних параметрів, що у майбутньому призводить до додаткових енергетичних витрат у термодинамічному циклі холодильної машини, а також при здійсненні циркуляції через теплообмінник проміжних тепло- та холодоносіїв.

Єдиним методом, за допомогою якого можна визначити раціональні характеристики теплообмінного апарату з одночасним врахуванням його теплових та гідравлічних показників є метод мінімізації виробництва ентропії, який уніфікує та зменшує кількість параметрів робочого процесу апарату у процесі проектування. Критерієм оцінювання ефективності цього методу є загальне виробництво ентропії гарячим потоком. Незалежними змінними є такі головні характеристики випарника як густина теплового потоку  $q$ , швидкість руху води або розсолу  $w$  та гідравлічний діаметр труби  $d_{\text{вн}}$ , по якій рухається холодоносій.

Виробництво ентропії гарячим потоком може бути знайдене із використанням першого і другого законів термодинаміки та є сумою термічної та механічної складових. Визначення характеристик випарника виконується для готової конструкції теплообмінного апарату. Як показують розрахунки, у теплообмінному апараті існують режими, які відповідають мінімальному виробництву ентропії, що відповідає мінімальним незворотнім втратам.

Застосування методу мінімізації виробництва ентропії є альтернативою техніко-економічному аналізу і для холодильних машин є переважним, тому що не вимагає застосування вартісних коефіцієнтів.

# АДІАБАТНІ СКИПАЮЧІ ПОТОКИ У СОПЛАХ: ВПЛИВ ТИСКУ НА РЕЛАКСАЦІЙНЕ ПАРООТВОРЕННЯ

*Арсеньєв В. М., професор; Чех О. Ю., аспірант*

Потоки рідин, які самовипаровуються цікаві передусім через використання їх у якості енергоефективних робочих тіл у струменевих нагнітачах різного призначення, включаючи струменеві термонасоси (пароводяні інжектори) та термокомпресори. Випаровування може починатися в перерізі, де місцевий тиск в потоці дорівнює тиску насичення при початковій температурі рідини  $t_0$ . Це залежить від початкового недогріву рідини до стану насичення, швидкості рідини, геометрії розглянутого каналу і виду рідини.

Важливим фактором у процесі закипання рідини є початковий розподіл фаз по перетину. Розподіл швидкостей, тисків і концентрацій парової фази у різних перетинах частини сопла що розширюється дуже нерівномірний. Найбільша концентрація рідкої фази має місце у центральній області потоку, що обумовлено початковим зародженням парової фази у прістінній його частині і дією інерційних сил (рисунок).



Рисунок – Об’ємний паровміст у потоці рідини, що закипає

Аналіз матеріалів експериментальних досліджень і дослідних даних, свідчить про те, що визначальний вплив на умови зародження парової фази і структуру потоку здійснює температура і початковий недогрів рідини, який характеризує віддаленість початкового стану рідини на вході у канал від стану насичення.

Найменша врівноваженість процесу має місце у горлі і початковій ділянці частини сопла що розширюється. Зі збільшенням недогріву процес все більш наближається до рівноважного, що можна пояснити малими градієнтами тиску й, отже, швидкості по довжині сопла.

Важливим аспектом при виборі геометрії сопла є питання про ефективність перетворення потенційної механічної і теплової енергії гарячої води у кінетичну енергію потоку. Оцінити ефективність роботи сопла можливо за допомогою коефіцієнта швидкості:

$$\varphi_a = w_a / w_{as},$$

де  $w_a$  - швидкість потоку на виході з сопла,

$w_{as}$  - теоретична (рівноважна) швидкість потоку.

Математичне моделювання за допомогою CFD програмних кодів дозволяє досліджувати закипаючі потоки у двофазних струменевих апаратах.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МАСШТАБНОГО ФАКТОРУ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛАБІРИНТНИХ УЩІЛЬНЕНЬ

*Бага В. М., ст. викладач; Мартиш Д. С., студент*

Масштабний фактор в даній роботі досліджувався на лабиринтному ущільненні покривного диска відцентрового компресора шляхом зменшення і збільшення його геометричних розмірів на різних режимах роботи.

Предметом дослідження є елементи мікрогеометрії лабиринтних ущільнень відцентрового компресора.

Мета роботи – показати значимість впливу масштабного фактора на характеристики лабиринтних ущільнень за допомогою програмного комплексу FlowVision.

При дослідженні процесів в проточній частині впливом елементів мікрогеометрії зазвичай нехтують. Однак існує ряд задач, для яких ці явища досить істотні. Одним з таких задач є дослідження впливу протікання через внутрішні ущільнення проточної частини відцентрового компресора. Методологія фізичного моделювання лабиринтного ущільнення не розроблена досі.

Досі не отримана відповідь на питання про можливість використання результатів досліджень ущільнень малих діаметрів вала стосовно до великих. Очевидно, що в даному випадку будемо мати справу з в разі різними витратними характеристиками ущільнень, але виникає ряд питань, наприклад: яким чином проектувати мікрогеометрію ущільнень з урахуванням масштабного фактора? Адже досі прийнято вважати що знайдені оптимальні співвідношення геометричних розмірів ущільнення, які діють як для малих так і для великих багатотонних конструкцій. Чи буде змінюватися коефіцієнт витрати ущільнення при істотній зміні його діаметра? Чи діятимуть результати оптимізації ущільнень малих діаметрів стосовно великих?

На практиці отримав розповсюдження метод часткового моделювання, коли на основі накопиченого досвіду приймаються розміри гребенів (висота  $h$ , загострення кромки  $\Delta$ ) і камер (крок між гребенями  $t$ ) та при моделюванні переноситься на необхідний діаметр, а зазор вибирається конструктивно.

Виконана серія чисельних розрахунків по впливу масштабного фактора. Програмний комплекс FlowVision показав хороші результати розрахунку течії газу в лабиринтному ущільненні при різних геометричних параметрах. Показано вплив масштабного фактора на коефіцієнт витрати ущільнення (понад 30%) і неприйнятність повного геометричного моделювання ущільнень. Отримані візуалізації течії потоку в лабиринтному ущільненні, які підтвердили вплив масштабного фактора на структуру течії в проточній частині лабиринтного ущільнення.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛАБІРИНТНИХ УЩІЛЬНЕНЬ

*Бага В. М., ст. викладач; Подоляка О. І., студент*

В данній роботі проводилися чисельні дослідження із застосуванням гідродинамічного програмного комплексу FlowVision для розрахунку течії у вузьких осьових зазорах лабиринтного ущільнення, за результатами яких одержані нові дані по детальному дослідженню ущільнення з гладким валом.

Предметом дослідження є течія в лабиринтних ущільненнях відцентрового компресора.

Мета роботи - показати можливість використання гідродинамічного програмного комплексу FlowVision для пошуку раціональних конструкцій лабиринтних ущільнень.

В ході роботи вирішені такі завдання:

- досліджені властивості обраного гідродинамічного пакету стосовно до моделювання течії;
- сформовано рекомендації щодо вибору опцій, що забезпечують досягнення прийнятної точності результатів моделювання;
- проведено серію тестових розрахунків в широкому діапазоні режимних та геометричних параметрів;
- виконано порівняння результатів чисельного та експериментального дослідження.

Відомо що для більшості технічних пристроїв важливо мати мінімальний гідравлічний опір при витіканні, але для ущільнення навпаки його необхідно підвищити.

Встановлено, що по ходу руху течії геометричний об'єм розширювальних камер ущільнення потрібно збільшувати. Недостатність геометричного об'єму камер для ефективного розмивання струї підтверджують отримані візуалізації течії.

За базовий варіант прийняте лабиринтне ущільнення покривного диску відцентрового компресора яке має кількість гребенів  $z=5$ , з висотою  $h=5$ мм та кроком  $t=4$  мм .

Результати досліджень показали, що базовий варіант має резерви по підвищенню ефективності. В доопрацюванні потребує форма нижньої частини гребеня та розширювальної камери. Створенні умови для додаткового розсічення струї та збільшення геометричного об'єму камер.

Використовуючи візуалізації течії показані сприятливі для лабиринтного ущільнення умови обтікання гребеня. Розроблена нова конструкція лабиринтного ущільнення, яка на 18 % ефективніша від базового варіанту. Надані рекомендації по проектуванню лабиринтних ущільнень.



## ВЫБОР ТИПА МЕЖСТУПЕНЧАТЫХ УПЛОТНЕНИЙ ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА ДОЖИМНОЙ КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ

*Бондаренко Г. А., профессор; Майборода В. И., студентка, СумГУ;  
Рогальский С. А., вед. инженер-конструктор;*

*Тертышный И. Н., вед. инженер-конструктор, ПАО «Сумское НПО»*

Основной отличительной особенностью работы центробежных компрессоров (ЦК) в составе дожимных компрессорных станций является работа при переменном (снижающемся) давлении газа на входе и необходимости обеспечения постоянного значения давления на выходе. Это требует применения компрессоров, обеспечивающих высокие значения отношений давлений. Работа таких компрессоров характеризуется небольшим объемным расходом компримируемого газа, по сравнению с компрессорами линейных компрессорных станций, что пропорционально увеличивает влияние протечек в межступенчатых уплотнениях на эффективность работы ЦК. В связи с этим вопросы обеспечения минимальных внутренних перетечек в компрессоре являются достаточно актуальными.

Как известно, уровень перетечек можно уменьшить за счет уменьшения уплотняемого зазора (величина зазора ограничена особенностями конструкции и динамическими характеристиками компрессора), а также оптимизации конструктивных и геометрических параметров уплотнительных втулок.

Исследование течения газа в уплотнительных втулках выполняется для ЦК агрегата ТКА-Ц-16,0Д/3,2-8,1М производства ПАО «Сумское НПО». Компрессор обеспечивает конечное давление 8,15 МПа при отношении давлений 4,36. Коммерческая производительность составляет 1,52 млн.м<sup>3</sup>/сутки.

С применением программного комплекса ANSYS CFX выполняется анализ течения газа в уплотнительных втулках различных типов: лабиринтных втулок с постоянным, уменьшающимся и увеличивающимся объемом камер, ступенчатых лабиринтных, лунковых и сотовых втулок. Расчеты выполняются для реальных условий работы компрессора по давлениям и составу газа.

Полученные результаты расчетов позволяют выполнить качественный и количественный анализ течения газа в полостях втулок, определить наиболее эффективную конфигурацию втулки.

## РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО СТЕНДА

*Калинкевич Н. В., профессор; Лазоренко Н. А., студент*

В данном проекте рассмотрены основные подходы и методы расчета аэродинамического стенда.

Расчет и проектирование центробежных компрессоров, а также их дальнейшее совершенствование по-прежнему базируется на экспериментальных исследованиях ступеней и секций центробежных компрессоров и их элементов.

При выполнении проекта в качестве прототипа был выбран центробежный консольный компрессор. Колесо такого компрессора располагается на конце вала (консоли), установленного в подшипниках корпуса компрессора. В качестве привода используется высокочастотный асинхронный двигатель мощностью до 14 кВт, с частотой вращения 2500 оборотов в минуту. В спроектированном компрессоре корпус с радиальным напорным патрубком и осевой входной патрубком чугунные, отлиты раздельно. Подвод компрессора - прямоосный конфузор - выполнен в крышке, которая крепится к корпусу болтами. Напорный патрубок можно установить в разных положениях. С торца корпус закрыт крышкой, в которой расположено лабиринтное уплотнение, которое относится к бесконтактным уплотнениям и предназначено для предотвращения интенсивных внешних утечек перекачиваемого воздуха из ступени.

Далее был произведен вариантный расчет компрессора. Основная суть вариантного расчета состояла в том, чтобы выбрать оптимальный вариант, исходя из сравнительного анализа полученных данных. В свою очередь, нужно было руководствоваться техническими требованиями, которые предъявлялись к нашей установке. Далее производился расчет рабочего колеса, были получены его геометрические характеристики, а также параметры потока воздуха. Был произведен расчет безлопаточного диффузора. Сборная камера относится к неподвижным элементам компрессора. Она служит для сбора газа, выходящего из диффузора концевой ступени и отвода его в нагнетательный трубопровод. В нашем случае сборная камера выполнена в виде квадрата, для этого будут использованы листы металла, которые между собой будут упрочнены ребрами жесткости, их ее соединение будет как разъемное (резьбовое соединение) так и неразъемное (сварочное).

В качестве материала для рабочего колеса была принята углеродистая Сталь 40, материал лопаток, принят такой же.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВСАСЫВАНИЯ ЖИДКОСТНО-КОЛЬЦЕВОЙ МАШИНЫ

*Вертепов Ю. М., доцент; Кривошеев А. А., студент*

Жидкостно-кольцевая машина относится к объемным машинам с внутренним сжатием и принудительным осевым газораспределением через окна, поэтому формы окон во многом определяют ее характеристики. Объемная характеристики определяется правильной организацией процесса всасывания, для которого большое значение имеет форма внешней кромки всасывающего окна. С возрастанием отношения давлений коэффициент подачи машины быстро снижается. Наиболее заметно с возрастанием отношения давлений снижается коэффициент плотности, связанный с перетечками сжимаемого газа с нагнетания на всасывание через торцовые зазоры. На их величину влияет не только величина зазоров и разность давлений нагнетания и всасывания, но и размеры окон, с которыми связана площадь перетечек. Для уменьшения этих перетечек в торцовые зазоры машины подается рабочая жидкость, или торцы рабочего колеса частично закрывают дисками, концентричными его втулке, или на торцовых поверхностях втулки колеса и лопаток выполняют канавки в качестве лабиринтных уплотнений.

Наибольшие угловые и радиальные размеры имеет всасывающее окно, из-за чего его площадь значительно больше, чем у нагнетательного окна. При проектировании жидкостно-кольцевой машины обычно принимается, что наружная кромка всасывающего окна повторяет очертания внутренней поверхности жидкостного кольца на участке всасывания. Пусть угол  $\varphi$  - угол поворота колеса, отсчитываемый в направлении его вращения от сечения машины, где зазор между колесом и внутренней стенкой цилиндра наименьший. Если обозначить угол открытия окна всасывания через  $\varphi_{вс}$ , а угол его закрытия через  $\varphi_{м}$ , то с увеличением угла  $\varphi$  его площадь возрастает до угла  $\varphi = \varphi_{м} - \frac{2\pi}{Z}$ , где  $Z$  - число лопаток колеса, а затем на угле  $\varphi_{яч} - \frac{2\pi}{Z}$ , равном угловому размеру рабочей ячейки, она снижается до нуля.

При этом площадь отдельно взятой рабочей ячейки  $F_{яч}$  увеличивается до  $\varphi = 180^\circ$ . Скорость изменения площади рабочей ячейки  $\frac{dF_{яч}}{d\varphi}$  в угловых пределах окна всасывания возрастает и достигает наибольшего значения

$$\left( \frac{dF_{яч}}{d\varphi} \right)_{\max} \text{ при углах } 90^\circ < \varphi < 120^\circ.$$

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПЕРЕТІКАННЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СТУПЕНІ ВІДЦЕНТРОВОГО КОМПРЕСОРА

*Бондаренко Г. А., професор; Краснюкова К. В., студентка*

У даний час традиційні методи газодинамічного удосконалення конструкції практично вичерпані. Подальше підвищення ефективності є можливим за рахунок вдосконалення так званої мікрогеометрії, або допоміжної геометрії. Для таких досліджень досить ефективно застосування сучасних обчислювальних програм тривимірного моделювання течії реальних газів.

В даній ситуації найбільшу складність являє дослідження процесів, що відбуваються у працюючому компресорі, у той час як знання цих процесів дозволить вдосконалювати конструкцію машини для їх оптимізації.

В якості об'єкта дослідження обрано ступінь відцентрового компресора КС «Сосногірська» магістрального газопроводу Ухта - Торжок. Специфіка завдання полягала в тому, що область, яка вивчається має складну геометричну конфігурацію з істотно вузьким осьовим зазором, утвореним нерухомими стінками та стінками, обертаються. Це вимагає оптимізації задання розрахункової сітки.

Розрахункову область проточної частини було розділено на такі граничні умови: вхід, вихід, стінка і робоче колесо. На вході в розрахункову область задавалися параметри адіабатично загальмованого потоку (тиск та температура), на виході задавався режимний параметр - швидкість. На статорні елементи конструкції проточної частини та на робоче колесо були визначені граничні умови – стінка.

В даному дослідженні проводився чисельний експеримент на моделі, в якому визначаючий параметр завдання - величина протікання - замінений еквівалентним геометричним параметром - величиною зазору в ущільненні.

Течія у проточній частині вивчалась при зміні зазору під гребенями в широкому діапазоні: 0, 0,25, 0,45 і 0,7 мм.

Найбільш цікавить дослідження течії у вхідній частині (воронці) робочого колеса.

У цьому дослідженні умови задачі максимально наближені до реальних умов у ступені, що випробовується.

В результаті чисельного дослідження визначена структура течії у всіх досліджуваних зонах у вигляді полів тиску, швидкостей, векторів.

Показано, що протікання суттєво впливає на характеристики ступені відцентрового компресора: при збільшенні зазору в ущільненні від нуля до 0,7 мм ККД ступені знизився на 1,2 %, а коефіцієнт напору – на 0,025.

**Висновки:**

1. Показано, що можливе моделювання методами CFD течії у складних зазорах зі складною геометрією і характером течії.
2. Моделювання течії газу у побудованій моделі ступені виконувалось у програмі FlowVision. Ця програма дозволяє моделювати течії стискуваних та нестискуваних рідин по каналам різного профілю.
3. Проведено апробацію отриманої математичної моделі з отриманням залежностей  $\eta$  та  $\psi$  від зазорів, результат якої отриманий у вигляді розподілу тиску та швидкості у робочому просторі ступені компресора. Спостережувані результати відповідають очікуваням.
4. Встановлений значний вплив розміру зазорів на характеристики ступені відцентрового компресора.
5. Розроблена математична модель розрахунку течії газу у ступені відцентрового компресора може бути взята за основу для подальших досліджень компресора в цілому.

#### Список літератури

1. Селезнев К.П., Подобуев Ю.С., Анисимов С.А. Теория и расчет турбокомпрессоров. Л.: Машиностроение, 1968, 408 с.
2. Рис В.Ф. Из опыта проектирования компрессорных машин на НЗЛ.- Труды НЗЛ, М., ЦБТИ тяжелого машиностроения, 1958, вып. I. с.139-162.
3. Бондаренко Г.А. Исследование гидродинамики потока между корпусом и дисками колес турбомашин// Компрессорное и энергетическое машиностроение.2009, №4(18), С. 37-40.
4. Бондаренко Г.А., Бага В.Н. Моделирование течения в боковых зазорах между рабочими колесами и статором турбомашин // Компрессорное и энергетическое машиностроение.2012, №1(27), С. 22-26.
5. Бондаренко Г.А., Негрейко В.А. Исследование влияния протечки на структуру потока на входе в рабочее колесо // Компрессорное и энергетическое машиностроение.2013, №1(31), С.18-22.
6. Л.В. Черепов Заключительный отчет по теме: «Исследование влияния перетеканий газа на эффективность проточной части», научный руководитель Г.А Бондаренко. – Сумы, Всесоюзный научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт компрессорного машиностроения ВНИИкомпрессормаш, 1981. – 148 с.
7. Бондаренко Г.А., Мелейчук С.С. О влиянии протечек на эффективность рабочего колеса центробежного компрессора // Компрессорное и энергетическое машиностроение. 2008, №3 (13), С. 39-45.
8. Быков А.В., Калнинь И.М., Нуждин А.С., Савицкий И.К., Васильев В.Д., Евко Л.С., Шнепп В.Б., Малик В.П., Чукин И.В., Кротков В.Н., Цирилин Б.Л. Исследование, конструирование и расчет холодильных и компрессорных машин (тематический сборник трудов). М.: Отдел научно-технической информации, 1979, 208 с.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ КОНФИГУРАЦИИ КОЛЬЦЕВОЙ СБОРНОЙ КАМЕРЫ В ЦЕНТРОБЕЖНОМ КОМПРЕССОРЕ

*Бондаренко Г. А., профессор; Майдан А. А. студентка, СумГУ;  
Нефёдов А. Н. нач. лаборатории, ПАО «Сумское НПО»*

Центробежные компрессоры (ЦК), используемые во многих отраслях промышленности, являются наиболее распространенным типом компрессоров динамического действия. Более чем столетний опыт развития отрасли позволил отечественным и зарубежным производителям значительно повысить их технологичность и эффективность.

В случае компрессоров большой единичной мощности острая конкуренция на рынке вынуждает производителей бороться за каждый процент эффективности своих проточных частей (ПЧ). В виду этого стандартное решение о применении унифицированных элементов ПЧ, таких как сборные и всасывающие камеры подвергается пересмотру. Кольцевая сборная камера обладает преимуществами высокой технологичности и широкого диапазона оптимальной работы, но при этом более низкой эффективностью, чем другие, менее универсальные выходные устройства. При всей кажущейся простоте в ней происходят сложные структурные преобразования потока газа, что делает выбор ее оптимальных геометрических размеров нетривиальной задачей. Применение известных полуэмпирических методик проектирования при наличии широкого ряда применяемых рабочих ступеней и конструктивных ограничений корпусов ЦК практически показали свое несовершенство. При этом в случае малой серийности производства в крайне сжатых сроках на разработку ПЧ решать вопрос оптимизации геометрии сборной камеры путем физического эксперимента нерационального и экономически необоснованно. Однако наличие у современного разработчика пакета программ вычислительной газодинамики позволяет в значительной мере заменить оптимизационные опытно-конструкторские работы и модельные испытания на стенде численным экспериментом, зачастую ограничиваясь при этом только контрольными испытаниями итоговой оптимизированной конструкции на экспериментальном стенде.

В результате проведенных работ с применением программного комплекса ANSYS CFX, было выполнено оптимизация КСК компрессора 352ГЦ2-485/75-10М.

**КАФЕДРА «ТЕХНІЧНА ТЕПЛОФІЗИКА»**

**ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**  
**ЕНЕРГОЄМНИХ ВИРОБНИЦТВ**

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ В ЯКОСТІ РОБОЧОЇ РЕЧОВИНИ В ХОЛОДИЛЬНІЙ УСТАНОВЦІ

*Арсеньєв В. М., професор; Михайленко Є. С., студент*

Одним з перспективних напрямків у сфері заощадження енергоресурсів, як в рамках національної економіки, так і в межах енергоспоживання окремих підприємств а також захисту навколишнього середовища від парникового ефекту є застосування, в холодильній техніці, екологічно чистих холодильних агентів (вуглеводні, діоксид вуглецю та ін. ). Застосуванню діоксиду вуглецю в якості робочої речовини холодильних машин і теплових насосів останнім часом приділяється велика увага в зв'язку з тим, що він абсолютно безпечний, не горючий, не отруйний, дешевий та доступний в будь-яких кількостях.

Двоокис вуглецю використовується в якості холодоагенту ще з 1850 року і має багату історію застосування в холодильній техніці. Більш свідоме ставлення до навколишнього середовища і пов'язані з цим дбайливе поводження з природними ресурсами і захист природного середовища проживання привели до повторного відкриття позитивних якостей так званих «природних холодоагентів». Діоксид вуглецю не отримав широкого застосування в якості холодоагенту в парорідинних холодильних циклах через найнижчого значення критичної температури ( $t_{кр} = 31,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ) що не дозволяє в ряді випадків здійснити в теплу пору року процес конденсації стисненого компресором пара. В таких умовах можливе використання сверхкритичного циклу, де процес конденсації замінений охолодженням перегрітої пари, що знаходиться при тиску вище критичного ( $p_{кр} \geq 7,4 \text{ МПа}$ ). Також, в якості першого ступеня сверхкритичного циклу, був використаний ежекторний модуль. Дослідження ефективності проводили шляхом зміни початкових параметрів тиску на вході в компресор  $P_1$  та тиску в газоохолоджувачі  $P_{ГО}$ . Результатом дослідження є залежність енергетичних параметрів циклу холодильної установки, яка використовує діоксид вуглецю в якості робочої речовини, з ежекторним модулем в якості першої ступені, від величини тиску в газоохолоджувачі.

Практичне значення отриманих результатів дають рекомендації що до вибору тиску в газоохолоджувачі холодильної установки з ежекторним модулем, яке забезпечить максимальне значення коефіцієнта перетворення.

Діоксид вуглецю має дещо гірші термодинамічні показники, ніж інші холодильні агенти - найнижче значення критичної температури і високий тиск нагнітання. З іншого боку діоксид вуглецю має наступні переваги: дуже низька ціна в порівнянні з іншими холодоагентами, нетоксичний, не горючий і не вибухонебезпечний, сумісний майже з усіма електроізоляційними і конструкційними матеріалами, не руйнує озоновий шар, коефіцієнт парникового ефекту (GWP) дорівнює одиниці в порівнянні з іншими холодоагентами: (R410a - GWP = 1730, R22 - GWP = 1700).



# ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОПОТОЧНЫХ ПРОТОЧНЫХ ЧАСТЕЙ ВИХРЕВОЙ РАСШИРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ С ВНЕШНИМ ПЕРИФЕРИЙНЫМ КАНАЛОМ

*Ванеев С. М., доцент; Мирошниченко Д. В., аспирант*

В настоящее время для решений проблемы энергосбережения и экологии проводятся работы по использованию вихревых расширительных машин для утилизационных детандерных установок [1,2,3].

Интерес к вихревым ступеням с периферийным каналом объясняется, в частности, тем, что они легко komponуются в многопоточные и многоканальные машины. При высоких давлениях в однопоточных вихревых ступенях возникают значительные радиальные нагрузки на ротор. Решить эту проблему можно переходом на многопоточную схему. Обзор известных источников показал отсутствие системных исследований по переходу к многопоточной схеме. В связи с этим проведено исследование течения и радиальных нагрузок на ротор в одно- и многопоточных проточных частях вихревой расширительной машины с внешним периферийным каналом.

В результате использования теории планирования эксперимента и исследований в программном комплексе ANSYS CFX установлено влияние геометрических и газодинамических параметров на картину течения в одно- и многопоточных проточных частях вихревой расширительной машины с периферийным каналом. Определены оптимальные с точки зрения КПД геометрические и газодинамические параметры однопоточной, двухпоточной и трехпоточной проточной части. На основе полученных результатов создана методика проектирования многопоточных, многоканальных проточных частей вихревых расширительных машины с периферийным каналом, что позволило проектировать такие машины более надежными и с большим КПД.

## Список литературы

1. Ванеев С.М. Разработка и исследование вихревого пневмопривода с внешним периферийным каналом и сопловым аппаратом: дис... канд. техн. наук: 05.04.06./ Ванеев Сергей Михайлович - М., 1986 - 183 с.
2. Ванеев С.М. Исследование вихревой расширительной машины с внешним периферийным каналом с помощью виртуального стенда [Текст] / С.М. Ванеев, Д.В. Мирошниченко // Журнал инженерных наук. - 2015. - Т.2; №2. - С.В1 - В12.
3. Ванеев С.М. Исследование и оптимизация конструкции проточной части вихревой расширительной машины с внешним периферийным каналом /С.М. Ванеев, Д.В. Мирошниченко // Компрессорное и энергетическое машиностроение: научно технический и производственный журнал. – 2015. – №4(42). – С. 9 - 14.

# ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ВИХРОВОЇ РОЗШИРЮВАЛЬНОЇ МАШИНИ З БІЧНИМ КАНАЛОМ

*Ванєєв С. М., доцент; Бондар А. В., аспірант*

Питання енергоефективності завжди є актуальним. Ця проблема стає ще більш важливою, коли мова йде про паливно-енергетичний комплекс нашої країни. Наприклад, відомо про великі втрати енергії в вузлах редукування газо-транспортної системи. Зазвичай, корисну потужність в таких випадках отримують за допомогою турбодетандерних установок на основі класичних турбін. Проте, якщо потужність таких турбодетандерів менше 1 МВт, їх використання є економічно недоцільним. Вирішення цієї проблеми вбачається у створенні турбодетандерних установок на основі вихрових розширювальних машин.

Проведений літературний аналіз показав, що найбільш досліджені машини з периферійним та периферійно-бічним каналами [1-4]. Вихрові машини з бічним каналом майже недосліджені [4; 5]. В результаті літературного аналізу було вирішено досліджувати розширювальну машину з бічним каналом, як перспективний тип вихрових машин.

З метою дослідження робочого процесу вихрової розширювальної машини з бічним каналом, була створена 3D модель проточної частини та проведений числовий експеримент в програмному комплексі ANSYS. Геометричні та режимні параметри для моделі та експерименту були взяті з роботи [1]. Проведений аналіз результатів числового експерименту, в результаті якого отримані висновки щодо подальшого дослідження.

## Список літератури

- 1 Сергеев В. Н. Разработка пневмопривода вихревого типа с внутренним периферийным каналом и исследование влияния газодинамических и геометрических параметров на его эффективность : дис... канд. техн. наук : 05.04.06 / В. Н. Сергеев - М., 1983. - 127с.
- 2 Ванєєв С. М. Разработка и исследование вихревого пневмопривода с внешним периферийным каналом и сопловым аппаратом : дис... канд. техн. наук : 05.04.06 / С. М. Ванєєв. - М., 1986. - 183 с.
- 3 Староверов К. В. Совершенствование и исследование вихревой машины с периферийным каналом в режиме пневмопривода : дис... канд. техн. наук : 05.04.06 / К. В. Староверов. – М., 1990. - 128 с.
- 4 Байбаков О. В. Вихревые гидравлические машины. - М. : Машиностроение, - 1981. – 197 с.
- 5 Чебан, В. Г. Малогабаритная вихревая турбина как привод гидродинамического очистителя вязких жидкостей : дис... канд. техн. наук: 05.05.17 / В. Г. Чебан ; Науч. рук. З.Л. Финкельштейн. — Алчевск : Донбасский горно-металлургический ин-т, 2003. — 185 с. — СумГУ.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ГАЗОНАПОЛНИТЕЛЬНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ

*Бондаренко Г. А., профессор; Пискунов В. Р., студент*

Существенное снижение мировых запасов нефти обусловило в использовании сжиженных и сжатых природных газов, которые имеют гораздо большие запасы по соотношению к нефтяным, и являются экологически чистой заменой нефти. Это вызвало появление разветвленных сетей АГНКС. Автомобильная газонаполнительная компрессорная станция (АГНКС) осуществляет заправку автомобилей и других транспортных средств, двигатели которых переделаны или изначально рассчитаны на работу на сжатом (компримированном) природном газе и имеют соответствующую систему.

В исследовательской работе было проведено сравнение типовых схем АГНКС разных поколений и было выявлено, что станции первого поколения наименее экономичны и энергоэффективны. АГНКС первого поколения были малоэффективными, в основном из-за громоздкости и стоимости. Основные части станций были спроектированы и созданы на разных предприятиях, вследствие чего возникали проблемы при монтаже и построении АГНКС, увеличивались строки сооружения станций. Ярким примером таких станций является АГНКС-500.

В данной работе были представлены методы повышения энергоэффективности АГНКС-500, а также созданы на ее базе АГНКС соответствующей уровню нынешнего технологического прогресса.

Была модернизирована система охлаждения с заменой неэффективного межступенчатого теплообменника компрессора. Данный теплообменник не выполнял свои функции. Для станции был разработан новый высокоэффективный теплообменник.

Для АГНКС, следуя «зеленым» тенденциям будущего, была разработана система солнечных панелей для обеспечения собственных нужд станции.

Для эффективного использования мощности компрессоров, задействованных в АГНКС-500, была спроектирована установка для производства сжиженного природного газа (СПГ). Данная доработка существенно повысит эффективность АГНКС.

Совершенствование схемы АГНКС путем внедрения СПГ установки, системы солнечных панелей и модернизации системы охлаждения позволяет: - снизить удельный расход электроэнергии и повысить ресурс работы компрессорного оборудования за счет смягчения его температурного режима, расширить сферу использования АГНКС и, тем самым, увеличить их рентабельность, существенно снизить капитальные затраты при создании объектов малотоннажного производства СПГ.

# РАСЧЕТ ТУРБОГЕНЕРАТОРА ДЛЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ГРС НА БАЗЕ ВИХРЕВОЙ РАСШИРИТЕЛЬНОЙ ТУРБОМАШИНЫ

*Ванев С. М., доцент; Мирошниченко Д. В., аспирант; Бондар А. В., аспирант;  
Шишова Е. Ю., студентка; Смоленко Д. В., студент*

В настоящее время Украина испытывает острую нехватку в энергоресурсах, поэтому решение проблемы энергосбережения всеми возможными путями сейчас весьма актуально. Одним из определяющих путей решения этой проблемы является утилизация вторичных энергоресурсов.

Известно, что большое количество эксергии сжатых газов и паров теряется на редукторах и регуляторах давления на газораспределительных станциях, газораспределительных пунктах и при подаче топливного газа на газотурбинные двигатели в газовой промышленности, в различных технологических процессах в химической и других отраслях промышленности, в коммунально-бытовом хозяйстве и т.п.

Перспективным направлением является создание турбогенераторов малой мощности (до 500 кВт) на базе вихревых расширительных турбомашин (ВРТМ). В сравнении с осевыми и центростремительными турбинами основными преимуществами ВРТМ являются:

- простота конструкции, технологичность и, как результат, низкая себестоимость изготовления;
- большое отношение пускового момента к номинальному и значительно более низкая частота вращения ротора ВРТМ, по сравнению с классическими турбинами, что позволяет зачастую отказаться от применения понижающих редукторов при конструировании приводов различных механизмов и агрегатов и значительно снижает стоимость, повышает надежность машины и сокращает расходы на её обслуживание.

Преимущества ВРТМ позволяют получить турбопривод или турбогенератор максимально простой и надежный, со сроком окупаемости 1-2 года.

В данной работе были проведены расчеты турбогенератора для собственных нужд газораспределительной станции (ГРС) на базе вихревой расширительной турбомашин мощностью  $N_{ТТМ}=10$  кВт для газораспределительных станций с расходом газа 5000 н.м<sup>3</sup>/час, 10000 н.м<sup>3</sup>/час, 30000 н.м<sup>3</sup>/час, при давлении на входе в турбогенератор  $P_{вх}=2,5$  МПа и различных давлений на выходе: 1)  $P_{вых}=0,3$  МПа; 2)  $P_{вых}=0,6$  МПа; 3)  $P_{вых}=1,2$  МПа.

Для каждого варианта расчета определены:

- необходимый расход природного газа на турбогенератор и какую часть этот расход составляют от общего расхода газа через станцию;
- наружный диаметр рабочего колеса вихревой расширительной турбомашин и другие геометрические размеры проточной части;
- температура газа на выходе из турбогенератора.

## РОЗРАХУНОК ВТРАТ ПОВНОГО ТИСКУ В РОТОРІ СТРУМИННО-РЕАКТИВНОЇ ТУРБИНИ

*Ванесв С. М., доцент; Сорокін В. А., студент*

В арматуробудуванні широке застосування отримали одноходові (лінійні) поршневі пневматичні та пневмогідравлічні приводи. В якості приводів шарових кранів пневматичні поршневі приводи застосовуються для кранів з умовними діаметрами проходу  $D_y < 300$  мм, а пневмогідравлічні – для кранів з  $D_y > 300$  мм. В складних кліматичних умовах рухомі частини поршневих пневмодвигунів можуть примерзати та заклиновати, що може приводити до аварійних ситуацій в випадку їх послідуемого зриву, а пневмогідравлічні двигуни, які мають гідравлічну систему, вимагають застосування дефіцитних рідин, постійного контролю за їх наявністю в системі та своєчасній заміні.

Надлишкова потужність приводу особливо небезпечна при керуванні краном великого діаметра (300 – 1400 мм), якщо по якійсь причині втрачена гідравлічна рідина із гідроциліндра приводу, виконуючого роль демпфера. В цьому випадку при подачі керуючого середовища відбувається миттєва перестановка крана, яка супроводжується динамічним ударом деталей механізму приводу по обмежувачам кута повороту, струсу крана разом з газопроводом, а в деяких випадках і до аварії зі всіма витікаючими наслідками.

Приводи з струминно-реактивним двигуном (СРД), в порівнянні з пневмогідроприводами, мають меншу масу та габарити, понижені вимоги до якості газу, можливість роботи в широкому діапазоні зміни параметрів робочого тіла на вході, що обґрунтовано можливостями струминно-реактивної турбіни, що є силовим елементом СРД.

Робота присвячена дослідженню втрат повного тиску в роторі струминно-реактивної турбіни.

У роботі було виконано:

- розрахунок параметрів струминно-реактивної турбіни при різниці тиску  $\Delta P = 2$  МПа при частоті обертання вхідного валу 10000 об/хв та  $\Delta P = 10$  МПа при частоті обертання вхідного валу 20000 об/хв.;

- визначення геометричних розмірів проточної частини струминно-реактивної турбіни;

- поелементний розрахунок втрат повного тиску в роторі струминно-реактивної турбіни;

- дослідження впливу кута розкриття дифузornoї частини втулки-дифузора, положення скачка ущільнення в циліндричній частині втулки-дифузора, та довжини циліндричної ділянки втулки-дифузора на коефіцієнт відновлення повного тиску в проточній частині струминно-реактивної турбіни.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕЧІЇ ГАЗУ В СТРУМИННО-РЕАКТИВНІЙ ТУРБІНІ З ВИЗНАЧЕННЯМ ПОКАЗНИКІВ ЇЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

*Вансєв С. М., доцент; Родимченко Т. С., студентка*

Одне з основних питань на сьогодні це питання енергозбереження. Одним із шляхів вирішення даної задачі є використання вторинних енергоресурсів, зокрема утилізація в турбогенераторних агрегатах енергії стиснених газів та пари.

Мета роботи – дослідження течії газу в струминно-реактивній турбіні за допомогою програмного комплексу FlowVision та аналіз впливу тиску газу на вході в струминно-реактивну турбіну (СРТ) на основні показники ефективності.

Вперше в широкому діапазоні тиску на вході СРТ від 0,4 МПа до 10 МПа розраховані параметри течії газу в проточній частині СРТ за допомогою програмного комплексу FlowVision і отримані графічні залежності коефіцієнту відновлення повного тиску в проточній частині СРТ, коефіцієнтів гідравлічного опору, коефіцієнту витоку, пускового моменту на валу СРТ, питомого пускового моменту на валу СРТ від повного тиску на вході для пускового режиму.

Отримані залежності вищевказаних коефіцієнтів і параметрів ефективності СРТ від ступеня зниження тиску в СРТ.

Виявлені такі закономірності:

- коефіцієнт відновлення повного тиску збільшується на 27 % при збільшенні тиску на вході СРТ від 0,4 до 4 МПа, а далі зростання незначне (на 3,6 %);
- коефіцієнти гідравлічного опору значно зменшуються при збільшенні тиску на вході СРТ до 4 МПа, а потім зменшення незначне;
- коефіцієнт витоку зростає в 2,7 рази при збільшенні тиску на вході СРТ до 3 МПа, а потім практично не змінюється і дорівнює 0,1-0,105;
- залежність пускового моменту на валу СРТ від повного тиску на вході майже прямолінійна;
- питомий пусковий момент на валу СРТ (відношення пускового моменту до масової витрати на вході в СРТ) зростає в 1,4 рази при збільшенні тиску на вході СРТ до 4 МПа, потім практично не змінюється і дорівнює 50 Н·м·с/кг.

Розраховані характеристики СРТ при тиску на вході СРТ 0,4 МПа; 1,0 МПа; 1,6 МПа.

Передбачається подальше дослідження впливу повного тиску на вході та ступеня пониження тиску в СРТ на окружний ККД турбіни при обертанні ротора СРТ.

## ПІДВИЩЕННЯ ТЕПЛОАДХОДЖЕННЯ ДО СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ ДЛЯ ВИРОБЛЕННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

*Козін В. М., ст. викладач; Винниченко Б. О., студент*

У даний час в усьому світі, в тому числі і у нашій країні, гостро постало питання розроблення та впровадження нових джерел енергії. Всім відомо, що найбільш значущими енергоносіями на сьогоднішній день є нафта, природний газ та вугілля, запаси яких досить обмежені, тому необхідно шукати нові механізми використання альтернативних та відновлювальних джерел енергії, а також покращувати ефективність роботи існуючих. Одним з таких механізмів є використання сонячних панелей – геліоколекторів.

У результаті виконаного дослідження літературних джерел, наприклад, [2 – 4] було виявлено, що для геліоколекторів, які працюють для вироблення теплової енергії, існує рекомендація щодо оптимального кута нахилу до горизонту  $\beta$ . Рекомендується незалежно від пори року та широти розміщення брати цей кут таким, що дорівнює близько  $40^\circ$ . Крім того, у існуючих геліоколекторів для вироблення тепла відсутній механізм повороту відносно сторін горизонту. У спеціалізованій літературі рекомендується геліоколектор розміщати строго на південь.

Робота присвячена дослідженню впливу орієнтації геліоколектора для вироблення теплової енергії на його теплонадходження. У першу чергу, досліджувався вплив кутів нахилу геліоколектора до горизонту у вертикальній (кут  $\beta$ ) та горизонтальній (кут  $\omega$ ) площинах.

У роботі проаналізовано вплив на величину теплонадходження геліоколектора таких факторів як вертикальна та горизонтальна орієнтація колектора, а також виявлено оптимальні значення кутів нахилу геліоколектора залежно від часу доби та періоду року та оцінено зростання теплонадходження геліоколектора за рахунок зміни його орієнтації за вертикальною та горизонтальною площинами, запропоновано механізм зміни орієнтації геліоколектора залежно від періоду року та часу доби.

З метою виявлення впливу горизонтального повертання геліопанелі за напрямками горизонту протягом доби, авторами вперше введено умовний коефіцієнт теплонадходження геліоколектора, який дозволяє кількісно оцінити зростання теплонадходження панелі за рахунок її повороту на кут  $\omega$  :

$$k_{\omega} = \frac{\overline{E}_{\omega}}{\overline{E}_{\omega=0}} \cdot 100\% ,$$

де  $\overline{E}_{\omega}$  – середня кількість отриманої сонячної енергії протягом доби застосовуючи поворот панелі за кутом  $\omega$  при оптимальному куті нахилу  $\beta$  ;  
 $\overline{E}_{\omega=0}$  – середня кількість отриманої сонячної енергії за добу при спрямуванні геліоколектора протягом доби на південь ( $\omega = 0^\circ$ ).

При виконанні розрахунків рік ділився на місяці, а сам розрахунок виконувався для середнього дня відповідного місяця.

Після виконання розрахункових досліджень було отримано такі основні результати:

1) для кожного місяця існує власний оптимальний кут нахилу геліоколектора, який змінюється від  $\beta = 5^\circ$  для липня до  $\beta = 75^\circ$  для січня;

2) найбільше покращення теплонадходження геліоколектора за рахунок зміни його орієнтації до горизонту спостерігається у січні та липні; найменший вплив кута  $\beta$  спостерігається у весняні та осінні місяці;

3) ефективність теплонадходження геліопанелі залежить від відносного кута падіння сонячних променів та нормалі, яка виходить з площини геліопанелі;

4) для всіх пір року, окрім зими, максимальний поворот геліопанелі у години сходу та заходу сонця має перевищувати  $90^\circ$ , тобто панель необхідно повернути не тільки строго на схід при сході сонця, але ще й частково на північ;

5) швидкість повертання геліопанелі є не рівномірною протягом року; найбільша швидкість горизонтального повертання геліопанелі спостерігається у літні місяці, найменша – взимку;

6) найбільш ефективне використання горизонтального повороту панелі ми спостерігаємо навесні та восени та вранці і ввечері;

7) завдяки горизонтального повороту геліоколектора можливо збільшили тривалість його роботи: у березні, квітні, липні, червні, серпні, вересні на 2 години (по годині ввечері та зранку), а в травні – на 4 години (по дві години під час сходу та заходу сонця).

Найбільшу ефективність використання горизонтального повороту панелі за сторонами горизонту ми спостерігаємо навесні та восени, а за рахунок вертикального повороту панелі – взимку та влітку. Отже, з метою збільшення загального теплонадходження геліопанелі необхідно комбінувати її вертикальний та горизонтальний повороти.

Усі дослідження виконані для розміщення геліоколектора у м. Суми, але отримані рекомендації можуть бути розповсюджені і для інших регіонів країни з відповідними поправковими коефіцієнтами.

Висновки, подані у роботі, можуть бути особливо актуальні для місцевостей, які значно віддалені від екватора (на практиці для широти  $48^\circ$  і більше) та, як результат, мають суттєво менші показники надходження сонячної енергії.

#### Список літератури

1. Справочник по климату СССР. В 34-х вып. Л.: Гидрометеоиздат, 1966.
2. Харченко Н. В. Солнечные теплогенерирующие установки для систем теплоснабжения / Н. В. Харченко, Г. Н. Делягин. – М. : МИСИ, 1987.
3. Харченко Н. В. Индивидуальные солнечные установки / Н. В. Харченко. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 208 с.
4. Thermotech. Солнечное теплоснабжение: техническое пособие, 2011.



## РАСЧЕТ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА

*Калинкевич Н. В., профессор; Павленко А. П., студентка*

Газодинамические характеристики компрессора позволяют прогнозировать значения производительности, создаваемого давления газа, потребляемой мощности и их используют для регулирования основных параметров машин во время эксплуатации.

Газодинамические характеристики позволяют также оценить энергетические и экономические показатели компрессора.

Для более углубленного рассмотрения работы компрессора желательно иметь также характеристики его отдельных ступеней. Поэлементный анализ характеристик каждой ступени позволяет улучшить согласование работы отдельных элементов между собой и за счет этого достичь улучшения газодинамических характеристик компрессора.

Величинами, характеризующими свойства отдельных элементов ступени, могут служить коэффициент потерь  $\zeta$  и коэффициент восстановления  $\xi$ . Коэффициенты  $\zeta$  и  $\xi$  пригодны для оценки энергетических свойств любого элемента проточной части. Для оценки влияния рассматриваемого элемента на экономичность ступени необходимо установить, какую долю работы, затрачиваемой на сжатие, составляют “потери” энергии в данном элементе, т.е. найти величину снижения КПД ступени  $\Delta\eta$  вследствие диссипации энергии в тепло в рассматриваемом элементе. Поэлементный анализ работы компрессора может быть мощным средством для совершенствования его проточной части.

Компьютерная программа для выполнения поэлементного расчета газодинамических характеристик центробежного компрессора позволяет рассчитывать характеристики для компрессоров с различными конструктивными схемами – одновальными и многовальными. Пользователям программы предоставляется возможность выбора различных элементов ступеней. Программа содержит обобщенные характеристики для двух типов рабочих колес – с пространственными и цилиндрическими лопатками и для трех типов диффузоров – лопаточных, канальных и безлопаточных.

В данной работе разработан алгоритм расчёта характеристик для высокоэффективных ступеней компрессора. Определены обобщенные характеристики лопаточных и канальных диффузоров, спроектированных по аэродинамическому принципу. Для безлопаточных диффузоров предложена обобщенная характеристика диффузора с расширенной зоной устойчивой работы.

## УТОЧНЕННЯ БЕЗРОЗМІРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТУПЕНЯ ВІДЦЕНТРОВОГО КОМПРЕСОРА ВИСОКОГО ТИСКУ

*Калінкевич М. В., професор; Руденко Д. М., студент*

В наш час освітня сфера вимагає навичок використання комп'ютерних технологій. Від випускників зараз потрібні знання не тільки спеціальності та вільне володіння комп'ютером, а також здатність успішно застосовувати комп'ютерні технології в будь-якій сфері діяльності. Саме тому актуальним зараз стає використання різних інформаційних систем в освітньому процесі.

Метою роботи є розробка інформаційної системи для дисциплін «Турбокомпресори» і «Проектування турбомашин», яка є одним з прикладів впровадження комп'ютерних технологій у навчання. Програма розроблена на мові програмування РНР та буде доступна в режимі онлайн.

Вихідні дані для проектування компресора (властивості газу і параметри потоку; геометричні та режимні параметри; газодинамічні параметри ступенів) заносяться у відповідні таблиці програми.

Для зручності виконання розрахунків характеристики ступенів апроксимуються. Залежності для ККД  $\eta_n = f_1(\Phi_0)$ , коефіцієнтів напору  $\psi_n = f_1(\Phi_0)$  і для коефіцієнтів витрати  $\varphi_n = f_1(\Phi_0)$  знаходяться у вигляді:

$$\frac{1-\eta_{sp}}{1-\eta_t} = \frac{a + (1-a) \left[ \frac{\lambda_{sp}}{\lambda_\infty} \right]^n}{a + (1-a) \left[ \frac{\lambda_t}{\lambda_\infty} \right]^n};$$
$$\frac{\psi_{sp}}{\psi_t} = 0,5 + 0,5 \frac{\eta_{sp}}{\eta_t};$$
$$\frac{\varphi_{sp}}{\varphi_t} = \sqrt{\frac{\psi_{sp}}{\psi_t}} = \sqrt{0,5 + 0,5 \frac{\eta_{sp}}{\eta_t}};$$

Значення коефіцієнтів цих рівнянь знаходяться за стандартом РТС 10. Отримані залежності для ступенів компресора використовуються для розрахунку характеристик компресора у цілому.

Розроблена інформаційна система для розрахунку газодинамічних характеристик відцентрового компресора на основі характеристик модельних ступенів:

- має зручний і зрозумілий інтерфейс;
- виконує побудову графіків, що відображають залежності певних характеристик;
- програма не вимагає установки на комп'ютері користувача спеціального програмного забезпечення.

## ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ПОВІТРЯНОЇ КС З ВИКОРИСТАННЯМ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

*Бондаренко Г. А., професор; Лисенко І.В., студентка*

Мета роботи: розробка математичної моделі управління роботою повітряної компресорної станції промислового підприємства на змінних режимах.

Задача: розробити алгоритм, програму і математичні моделі КС, призначеної для управління КС шляхом включення або ж вимкнення компресорних машин, згідно з прийнятими критеріями раціональності. Вирішити задачу для аналізу компресорної станції з будь-якими типорозмірами компресорних машин з відомим графіком навантаження станції.

При побудові алгоритму керування КС насамперед проведено аналіз парку компресорних машин, виділені такі ознаки:

- 1) типи компресорів (ПК, ВК, ЦК, та ін.);
- 2) характеристика компресорів ( $V_H$ ;  $P_K$ ;  $N_{\text{КОМПР}}$ );
- 3) сумарне напруцювання  $T$  (моторесурс);
- 4) технічний стан на даний момент:
  - які компресори в роботі («active»);
  - які компресори в готовності («stand by»);
  - які компресори в резерві («reserved»);
  - які компресори в ремонті («gerpairs»).

Цей список служить інформаційною базою. Очевидно, що список оновлюється яка повинна поновлюватись оператором по мірі зміни стану компресорів.

При вирішенні цієї задачі були прийняті наступні основні допущення:

1. Вважається, що пневмосистема задемпфована таким чином, що випадкові пульсації тиску в системі "глушаться" і на них не реагує датчик тиску.

2. Вважаємо, що при обробці сигналу датчика використовуються інтегрально-пропорційні (або інші) системи автоматичної обробки сигналу з урахуванням похідної тренда його зміни, тобто прогнозування тривалості зміненого режиму навантаження. Сучасні системи з мікропроцесорами дозволяють це зробити.

3. Час спрацювання системи, що складається з часу обробки сигналу, часу алгоритмічного аналізу та часу пуску (або зупинки) не робить впливу на працездатність системи.

У роботі у якості ілюстрацій представлені дві блок-схеми математичної моделі для двох конфігурацій КС. На цьому етапі визначається послідовність постановки і рішення підзадач, порядок прийняття рішень про перехід до наступного кроку або повернення до попередніх кроків для коригування прийнятого раніше рішення.

Наведено блок-схему для КС однорідного типу, тобто з однаковими компресорами, та блок – схема моделі управління для КС з неоднорідною структурою – два компресори продуктивністю 20 нм<sup>3</sup>/хв., а решта – компресори продуктивністю 10 нм<sup>3</sup>/хв. кожний.

Також була розглянута задача по критерію потужності. Суть чисельного розрахунку в тому, що необхідно підбирати такі компресори, щоб сумарна потужність на кожному режимі була мінімальною. При цьому одночасно не задовольняються критерії моторесурсу, як у задачі, яка була розглянута вище.

Була розроблена програма в Excel 2010, яка розраховує за алгоритмом різні типи неоднорідні типи компресорів.

Висновки:

1. . Вперше у вітчизняній практиці зроблена спроба створення моделі управління компресорними агрегатами компресорної станції промислового підприємства з істотно змінним режимом роботи другого ієрархічного рівня (на рівні КС).

2. Вперше розроблено спрощені багато сценарні і багатокритеріальні алгоритми моделі управління КС однорідної і неоднорідної структури (однакові або різні типорозміри компресорів).

3. Розроблена комп'ютерна програма моделі і реалізована в середовищі Microsoft Office Excel 2010.

4. На спрощених прикладах повітряних КС з задалегідь відомим графіком навантаження виконана чисельна оптимізація моделі по критеріям мінімуму споживаної потужності і рівномірного розподілу моторесурсу, одержані результати у вигляді електронних таблиць найбільш раціональних комбінацій елементів ( компресорів) для кожного режиму роботи КС.

5. На базі розробленої методики можлива також багатокритеріальна оптимізація, тобто одночасно враховувати мінімізацію споживаної потужності і моторесурсу.

6. Результати даної роботи можуть послужити першим етапом створення моделей управління компресорних станцій різного призначення і різної структури з подальшою інтеграцією їх в системи АСУП КС другого рівня.

#### Список літератури

1. Компресорні станції: навчальний посібник в 2 частинах. Ч. 1. Повітряні компресорні станції / Г. А. Бондаренко, Г. В. Кирик. - Суми: Сумський державний університет, 2012. - 344 с.

2. Гвинтові повітряні компресорні станції: навчальний посібник / Г.А.Бондаренко. - Суми: Сумський державний університет, 2005. - 255 с.

3. Основи наукових досліджень в енергетиці: навчальний посібник / Г. А. Бондаренко. - Суми: Сумський державний університет, 2013. - 202с.

**ГІДРАВЛІЧНІ МАШИНИ ТА  
ГІДРОПНЕВМОАГРЕГАТИ**

## ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВІЛЬНОВИХРОВИХ НАСОСІВ З УРАХУВАННЯМ ВАРТОСТІ ЇХ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ

*Кондусь В.Ю., аспірант; Матвієнко Ю.О., студент*

Зниження енергоспоживання промислового обладнання є ключовим питанням енергетичної безпеки країни. Важливим показником конкурентоздатності підприємств-виробників промислового обладнання є енергоефективність його устаткування.

Для транспортування рідин, що містять тверді, абразивні, волокнисті домішки, легкоушкоджувані включення, в'язких рідин, суспензій, а також рідин з високим вмістом газів використовуються вільновихрові насоси.

На відміну від відцентрових насосів, їх робочий процес заснований на передачі енергії основному потоку від тороподібного вихору, що створюється у вільній камері СВН. Внаслідок низького значення к.к.д. вихрового процесу, к.к.д. вільновихрового насоса теоретично не перевищує 0,61 – 0,63. В результаті невисоких показників енергоефективності СВН гостро постає питання підвищення рівня їх к.к.д.

Урахування вартості життєвого циклу насосного обладнання дозволяє комплексно оцінити всі фінансові витрати, що потребує насос протягом періоду свого існування. До найбільших з них належать витрати на електроенергію та обслуговування насоса. Витрати на електроенергію характеризуються значенням к.к.д. насосної установки. До витрат на обслуговування відносяться планові та позапланові ремонти насосних установок в процесі їх роботи. При транспортуванні рідин, які містять включення, ресурс роботи вільновихрових насосів найбільший, що призводить до значно нижчих витрат на обслуговування, ніж у випадках використання відцентрових насосів.

Значну частку у вартості життєвого циклу насосних установок займають інвестиційні (початкові) витрати на виготовлення обладнання. Їх скорочення призводить до значного зменшення вартості життєвого циклу насоса в цілому. З урахуванням цього аспекту найбільш ефективним методом підвищення енергоефективності СВН є зміна конструкції робочого колеса зі збереженням його габаритних розмірів.

В результаті проведення дослідження було спроектоване робоче колесо СВН з профільованими лопатями, що дозволяє підвищити к.к.д. насоса до 4%. Забезпечення незмінними його габаритних розмірів дає можливість залишити без заміни інші елементи проточної частини. Збереження ресурсоємного та матеріалоємного корпусу насоса, а також елементів ротора, дозволяє мінімізувати інвестиційні витрати.

Підвищення к.к.д. СВН до 4% знижує його споживану потужність до 10%, що є суттєвою економією витрат на електроенергію.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ВІДЦЕНТРОВИХ НАСОСАХ З МЕТОЮ ЗНИЖЕННЯ ЇХ ВІБРОАКТИВНОСТІ

*Сотник М. І., доцент; Москаленко В. В., аспірант*

Збільшення потужності та робочого тиску відцентрових насосів веде до збільшення їх віброактивності. Віброшумова характеристика насоса знаходиться в прямій залежності від величини пульсації тиску внаслідок гідродинамічних коливань. Притаманна лопатевим машинам неоднорідність потоку на виході з робочого колеса обумовлює виникнення пульсації тиску на лопатевих частотах, які є основою гідродинамічних коливань.

Досвід свідчить про те, що амплітуда пульсації тиску на лопатевих частотах залежить від цілого ряду конструктивних факторів – форми, кількості та положення лопатей робочого колеса, розміру та конфігурації спірального відводу, радіального зазору між робочим колесом та язиком відводу, швидкості обертання ротора тощо. Неприятливе відношення перелічених факторів один до одного призведуть до виникнення значних амплітуд тиску у спіральному відводі відцентрового насоса та прилеглому нагнітальному трубопроводі, що є серйозною проблемою на шляху підвищення надійності та ресурсу роботи насосного обладнання.

Отже, одним з методів боротьби з вібрацією є покращення гідродинамічної конфігурації проточної частини насоса. Так понизити вібрацію можливо за рахунок організації високочастотної малоамплітудної пульсації рідини на виході з робочого колеса з рівномірним радіальним та осевим розподілом швидкостей та тиску. Дана ситуація спостерігається при збільшенні зазору між зовнішнім діаметром робочого колеса та язиком відводу. На сьогоднішній день відсутні досить прості вирази розрахунку пульсації тиску на лопатевих частотах, що пов'язано з їх значною залежністю від багатьох конструктивних параметрів. Ситуація ускладнюється неможливістю врахування вихрової та кавітаційної складової гідродинамічних коливань, що є значними при експлуатації насосів поза оптимальною зоною подачі, наприклад, робота в зоні малої витрати.

Саме тому розробка розрахункових методів визначення амплітуд пульсації тиску за допомогою числового моделювання нестационарних процесів у відцентрових насосах є досить актуальним завданням для насособудування. Це дозволить на етапі ескізного проектування отримати необхідні дані для вірного вибору конструктивних та режимних параметрів з метою задоволення ресурсних вимог при мінімальних матеріальних витратах.

Виконане числове дослідження проточної частини спірального насоса з робочим колесом двостороннього входу дозволяє якісно відобразити процеси, що проходять при нестационарній взаємодії лопатей робочого колеса з язиком відводу. Це дає можливість застосовувати даний метод дослідження для проектування робочих органів насоса з мінімальним рівнем пульсації тиску, що скоротить час та витрати на створення нових насосів.

## РЕЗУЛЬТАТИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ ГЕРМЕТИЧНОГО МОНОБЛОЧНОГО ЕЛЕКТРОНАСОСУ

*Молошній О. М., аспірант; Сотник М. І., доцент*

Фізичний експеримент є необхідною частиною перевірки робочих параметрів агрегату, що отримані розрахунковим методом. Випробування насосних агрегатів проводяться на спеціально створених для цього стендах або на місцях експлуатації. Основним задачами енергетичних випробувань насосів є отримання або контроль величин напірної характеристики, споживаної потужності і коефіцієнту корисної дії насосного агрегату.

Мета роботи – створення випробувального стенду та проведення випробування електронасосу для визначення експериментальним шляхом фактичних енергетичних характеристик насосу з метою їх аналізу та подальшого порівняння з результатами числового моделювання.

Випробувальний стенд розроблений згідно вимог ГОСТ 6134-2007 та призначений для проведення енергетичних, кавітаційних, балансових та теплових випробувань динамічних насосів з подачею від 0 до 55 л/хв при максимальному робочому напорі насоса 60 м.в.ст. Клас точності манометра та мановакуумметра 1,5, похибки вимірювання ватметра та електричних термометрів для вимірювання температури рідини і корпусу агрегату становлять  $\pm 1\%$ , лічильника води  $\pm 2\%$ .

На стенді були проведені випробування вихрового герметичного моноблочного електронасосного агрегату з подачею від 0 до 40 л/хв, напором від 40 до 5 м.в.ст, номінальною потужністю електричного двигуна 550 Вт та частотою обертання валу 2900 об/хв. Робочою рідиною була чиста вода при температурі 20 °С.

Обкатка електронасосу тривала 30 хв. За цей час електричний двигун агрегату вийшов на робочий режим, що підтверджується коливанням величини температури корпусу електронасосу в діапазоні  $\pm 0,5$  °С. Кількість режимів вимірювання становила 14, кількість вимірів на кожному режимі – 3.

За результатами випробувань отримані та побудовані експериментальні енергетичні характеристики електронасосу. Діапазон подачі насосу при випробуваннях знаходився в межах від 0 до 33 л/хв, напору від 38,2 до 3,5 м.в.ст, а потужності від 509 до 272 Вт. При цьому максимальний коефіцієнт корисної дії не перевищував 17%, а коефіцієнт потужності становив від 0,97 до 0,72. Оптимальний робочий діапазон з коефіцієнтом корисної дії вище 15% становить від 15 до 26 л/хв. Похибка вимірювань подачі, напору та потужності в робочому діапазоні лежать відповідно в межах  $\pm 3,5\%$ ,  $\pm 2,5\%$  та  $\pm 2\%$ .

Результати дослідження показують, що найвища енергоефективність використання електронасосу є в діапазоні подач від 15 до 26 л/хв. У цьому діапазоні питомі витрати електричної енергії на перекачування 1 м<sup>3</sup> води змінюється в межах від 435 до 195 Вт·год/м<sup>3</sup>.



## ГИДРОАЕРОМЕХАНІКА І МАТЕМАТИКА

*Васильченко Д. Р., студентка; Нагорна К. В., студентка;  
Ковальов О. І., професор*

Неважко переконатися, що встановлення якісних і кількісних характеристик такого занадто складного фізичного процесу, як рух і силова взаємодія рідких матеріальних середовищ, неможливе без широкого використання методів математики.

Повна картина цього процесу не встановлена і досі (наприклад, природа турбулентності), тому реальна рідина замінена моделями «суцільне середовище» і «ідеальна рідина», рухомий об'єм розглядається як «векторне поле», а його параметри представляються як неперервні функції від координат і часу.

І тоді, шляхом математичних операцій встановлюються різноманітні кількісні і якісні характеристики рухомого рідкого середовища. Наприклад:

- встановлені види руху рідкої частинки – поступальний, обертовий і деформаційний (теорема Коші-Гельмгольца);

- методом диференціювання складних функцій встановлена особливість прискорення частинки – наявність локального і конвективних прискорень і відповідних сил інерції;

- виконання закону збереження маси для рідких середовищ (рівняння нерозривності);

- основні закономірності вихрових течій із теорем Гельмгольца, Томсона і Стокса;

- із умов дотичності до кривої встановлені рівняння ліній течії, вихрових ліній і математичні умови безперервного обтікання твердої поверхні (лопати);

- врахування умов Коші – Римана дозволило ввести поняття «потенціал швидкості  $\phi$ » «функція течії  $\psi$ » і «комплексний потенціал  $W(z)$ » і запропонувати методи розрахунків просторових і плоских течій і обтікання ними циліндричних тіл;

- умови рівноваги матеріальних тіл та принцип Д'Аламбера дозволили встановити закони рівноваги та руху рідини (рівняння Ейлера, Громеко, Нав'є – Стокса, Рейнольдса, Прандтля), а методи прямого інтегрування та чисельні методи дозволили проводити розрахунки найскладніших течій, що зустрічаються на практиці;

- використання методу комфортних відображень дозволили перенести результати розрахунків обтікання циліндричних тіл на практично важливі обтікання лопатей в авіації, мореплаванні, в енергетичних машинах (насоси, турбіни, компресори, гідродвигуни).

Таким чином, можна зробити висновок, що без математики не було б і сучасної гідроаеромеханіки – науки, яка створила облік 19-го і 20-го століть і продовжує свою роль в 21-му.

## ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ЗАМІНИ РОБОЧОГО КОЛЕСА ВІЛЬНОВИХРОВОГО НАСОСА

*Кондусь В. Ю., аспірант; Котенко О. І., доцент*

Значне зростання вартості енергоресурсів останнім часом гостро ставить питання підвищення енергоефективності вільновихрових насосів.

З урахуванням оцінки вартості життєвого циклу насосної установки визначено основні напрямки підвищення енергоефективності СВН. Для забезпечення мінімальних інвестиційних витрат запропоновано виконувати модернізацію вільновихрового насоса шляхом зміни конструкції його робочого колеса. Збереження габаритних розмірів робочого колеса дозволила забезпечити роботу насоса з використанням незмінних інших елементів проточної частини.

Запропоноване робоче колесо дозволяє підвищити к.к.д. СВН до 4%, що призводить до зниження споживаної потужності  $N_{cn}$  вільновихрового насоса до 10%.

Економія коштів за розрахунковий період визначається за наступною залежністю:

$$E_p = (N_{cn2} - N_{cn1}) \cdot C \cdot T, \quad (1)$$

де  $N_{cn2}$  – потужність насоса до модернізації, кВт;

$N_{cn1}$  – потужність насоса після модернізації;

$C$  – тариф на електроенергію, грн. за 1 кВт · год;

$T$  – розрахунковий період.

Діючий в Україні тариф на споживання електроенергії становить 1,68 грн за 1 кВт · год. З урахуванням тарифу на споживання електроенергії за умови безперервної роботи насоса було розраховано економію за розрахунковий період, що складає 1 годину, 1 добу, 1 тиждень, 1 місяць та 1 рік (див. таблицю).

Таблиця – Економія за розрахунковий період

Розрахунковий період	1 година	1 доба	1 тиждень	1 місяць	1 рік
Економія, грн	2,7	64,9	454,4	1947,5	23694,0

Отримані значення річної економії коштів дозволяють вказати на високу ефективність проведених заходів щодо підвищення енергоефективності вільновихрового насоса.

# ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ ВІЛЬНОВИХРОВОГО НАСОСА ЗА РАХУНОК НЕМОДЕЛЬНОЇ ЗМІНИ ГЕОМЕТРІЇ ПРОТОЧНОЇ ЧАСТИНИ НАСОСА

*Єрмоленко Т. І., студент; Панченко В. О., асистент*

З метою зміни параметрів динамічного насоса, як правило, використовують немодельну зміну геометрії його проточної частини – обточування його робочого колеса по зовнішньому діаметру.

Недоліком відомого способу є можливість зміни параметрів лопатевого насоса шляхом зміщення режиму роботи з оптимальним значенням к.к.д. лише у бік менших значень подач. При цьому напір насоса також зменшується та, відповідно, зменшується його енергоємність (відношення корисної потужності до маси насоса або агрегату).

Метою дослідження було встановлено пошук способу зміни параметрів лопатевого насоса шляхом немодельної зміни його проточної частини, який дозволив би змістити оптимальне значення к.к.д. у бік більших значень подачі та напору насоса, та збільшити його енергоємність.

Поставлена задача була вирішена за рахунок того, що зміна геометрії проточної частини відбувалась шляхом висування у вільну камеру насоса принаймні двох, розміщених симетрично осі насоса, лопатей робочого колеса. При цьому лопаті, які мають вигляд плоских пластин, встановлених під прямим кутом до диска колеса, видовжують у осьовому напрямку у бік вільної камери за допомогою приєднання до кожної з них додаткової плоскої пластини. Приєднання виконується за допомогою зварювання з подальшою токарною та слюсарною обробкою.

Видовження лопатей у вільну камеру вільновихрового насоса дозволяє реалізувати у насосі комбінований робочий процес, який буде складатися із власне вихрового та доданого до нього лопатевого робочого процесу. Комбінація двох робочих процесів підвищує рівень енергетичної взаємодії між робочим колесом та перекачуваною рідиною, що проявляється у підвищенні напору та подачі насоса.

## Список літератури

1. Євтушенко А. О. Гідродинамічні машини і передачі : навч. посіб. / А. О. Євтушенко. – Суми : СумДУ, 2005. – 255 с.
2. Гусак, О. Г. Підвищення енергоємності вільновихрового насосу типу "Туро" [Текст] / О. Г. Гусак, С. О. Лугова, В. О. Панченко // Гідроаеромеханіка в інженерній діяльності: матеріали XVII Міжнародної науково-технічної конференції. - Черкаси, 2012. – С. 142.

## ВІЛЬНОВИХРОВИЙ НАСОС ДЛЯ МІКРОБІОЛОГІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

*Оденко А. І., студент; Герман В. Ф., доцент*

В останні роки в раціон годівлі тварин і птахів усе більше входять кормові дріжджі, отримані на основі мікробіологічного синтезу різних видів нехарчової сировини (вуглеводнів нафти й газу, гідролізатів деревини й рослинних матеріалів, відходів переробки цукрового буряка, зерна, барди спиртового виробництва та ін.). Вирощують кормові дріжджі в дріжджі-вирощувальних апаратах, обладнаних системою подачі повітря та флотатором. У цих апаратах одночасно відбувається безперервний процес накопичення біомаси й відділення дріжджової суспензії методом флотації. Флотаційний спосіб заснований на здатності дріжджових кліток концентруватися в піні при продуванні середовища повітрям, тобто флотуватись у піну з рідини.

На цей час для перекачування пінних дріжджових суспензій використовують відцентрові насоси. Перекачування цими насосами пінних суспензій і повітрявмістких рідин пов'язане зі значними труднощами. Проблема полягає в тому, що повітря, яке подається у суспензію, може мати бульбашкову структуру. При цьому у верхній частині всмоктувального патрубка насоса можуть утворюватися повітряні пробки у вигляді витягнутих міхурів, які далі переміщуються до каналів робочого колеса, блокують його, знижують напір і руйнують однорідність потоку. Особливо це спостерігається при великому вмісті повітря в середовищі, що перекачується, і наявності на її поверхні піни. Тому, недоліком відцентрових насосів є те, що вони не можуть перекачувати рідини при вмісті повітря більш ніж 15 %.

Дослідження показали, що для транспортування пінних повітрявмістких рідин можна використовувати вільновихрові насоси (ВВН). Головною особливістю цих насосів є наявність вільного простору між передньою стінкою корпусу і робочим колесом, розташованим у ніші корпусу. ВВН широко застосовуються в різних галузях промисловості завдяки простоті конструкції, технологічності у виготовленні, ремонтпридатності, а також здатності високоефективно й надійно працювати на газорідних сумішах з вмістом газу до 40–45 %, незважаючи на порівняно низький ККД, що не перевищує в кращих промислових зразків ВВН типу «Туго» 55–56 %, але вартість життєвого циклу цих насосів значно менша відцентрових. У ВВН типу «Туго» в інтервалі робочих подач ККД мало змінюється зі зміною подачі, що є додатковою перевагою цих насосів. У зв'язку із цим запропоновано в технологічній схемі виробництва кормових дріжджів замінити відцентровий насос на вільновихровий. Конструкція насоса відповідає конструктивній схемі «Туго» і розрахована на параметри:  $Q = 20 \text{ м}^3/\text{год}$ ,  $H = 16 \text{ м}$ .

## ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОТВОДЯЩЕГО УСТРОЙСТВА СВОБОДНОВИХРЕВОГО НАСОСА ТИПА «TURO»

*Кудин С. В., студент, Криштоп И. В., науч. сотрудник;  
Герман В. Ф., доцент*

К настоящему времени накопилось много информации по исследованию свободновихревых насосов (СВН), что позволило несколько упростить их проектирование. Среди известных нам трех конструктивных схем СВН наиболее широкое распространение в промышленности получила схема насоса типа «Turo».

Несмотря на ранее проведенные многочисленные экспериментальные исследования СВН типа «Turo», все еще остается проблема определения их геометрических и конструктивных размеров, которые обеспечивают заданные рабочие параметры насоса. Это можно пояснить недостаточно полным теоретическим обоснованием сложных гидравлических процессов, происходящих в насосах свободновихревого типа.

В отличие от центробежного насоса, в котором оптимальный режим работы определяется как рабочим колесом, так отводом насоса, режим работы СВН, при правильном проектировании рабочего колеса, зависит лишь от площади выходного сечения отвода. Поэтому, изучая вопрос проектирования высокорасходных СВН, необходимо особое внимание уделить пропускной способности отводящего устройства.

Из-за отсутствия методики расчета, проектирование спирального отводящего устройства СВН зачастую проводилось аналогично расчету кольцевого отвода центробежного насоса и за основу бралась его расчетная площадь.

С целью использования методики расчета отводящего устройства центробежных насосов применительно к СВН, было проанализировано ряд ранее проведенных экспериментов, в результате которых установлено, что при расчете отводов СВН по методике центробежных насосов, наблюдается несоответствие графической и расчетной пропускных способностей отвода.

В процессе анализа также установлено, что это несоответствие зависит от быстроходности насоса. Поэтому при применении методики проектирования отводящего устройства центробежного насоса для отвода СВН предложено ввести коэффициент пропускной способности, зависящий от быстроходности насоса.

В ходе проведения проверочных расчетов и экспериментальных исследований получены результаты, подтверждающие предложенную методику расчета отводящего устройства СВН, применение которой позволяет более точно проектировать отвод на заданные параметры.

## РОЗРАХУНОК ВІТРОВИХ ТУРБІН ДЛЯ ВІТРОВИХ ПОТОКІВ УКРАЇНИ

*Медвідь А. М., студент; Липовий В. М., наук. співробітник;  
Папченко А. А., доцент*

Одним із пріоритетів українського уряду є розвиток відновлюваної енергетики, яка направлена на зниження залежності від імпортованого природного газу та для поліпшення ситуації з енергетичною безпекою країни.

Завдяки своїм розмірам, Україна має великий потенціал для розвитку вітроенергетичних ресурсів, який може бути розвинений для вироблення електроенергії. Найбільшою перешкодою на шляху подальшого розширення масштабів використання поновлюваних джерел енергії сьогодні є нестабільна геополітична ситуація, яка призвела до зниження довіри інвесторів і серйозного падіння курсу української гривні, що створює проблеми для інвестування в нові поновлювані джерела енергії.

Традиційні вітроелектростанції, що використовують механічну енергію від обертання лопастної системи мають ряд недоліків, (висока вартість, громіздкість, складну конструкцію и др.). На сьогоднішній день для перетворення енергії вітру в електричну енергію на Україні використовуються горизонтально-осьові та вертикально-осьові вітродвигуни. Дані установки малоефективні при середньорічній швидкості вітру 3,5 м/с.

На сучасному рівні розвитку вітроенергетики вчені ведуть пошуки та розробки нових типів джерел відновлюваної енергії.

Одним з нових типів електростанцій можуть бути вітроелектростанції які перетворюють енергію вітру за допомогою циліндрів, що приводяться в коливальний рух енергією вітру. Було помічено, що коли циліндрична структура, наприклад труба, знаходиться на шляху рідини чи вітру, утворюється особливий циклічний процес обтікання, що викликає коливання. Інженери приймають до уваги цей процес, та намагаються зменшити його вплив для запобігання від руйнування інфраструктур. Іспанські дослідники вирішили використати цей негативний процес для отримання енергії вітру.

Робота присвячена пошуку нового напрямку перетворення енергії вітру в електричну чи механічну енергію. Також детальному дослідженню робочого процесу установки коливального типу, який ґрунтується на утворенні вихрової доріжки Кармана за об'єктом, що знаходиться в потоці повітря.

В даній роботі було розглянуто робочий процес вітрової установки коливального типу, яка базується на вихровій доріжці Кармана. Також були розраховані основні характеристики робочого процесу такі як: амплітуда сили, що діє перпендикулярно до напрямку потоку газу; частоту коливань циліндра, та частоту сходу вихрів; переміщення циліндра, та аеродинамічне навантаження.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТОКУ РІДИНИ В РОБОЧОМУ КОЛЕСІ ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСА НИЗЬКОЇ ШВИДКОХІДНОСТІ

*Рибальченко І. С., студент; Матвієнко О. А., ст. викладач*

Насоси з низьким коефіцієнтом швидкохідності являють собою досить затребуване обладнання, що застосовується в різних областях промисловості: в системах водопостачання, в системах зрошення, в житлово-комунальному господарстві, на виробництві, в хімічній та нафтовій промисловості.

Такі насоси забезпечують малу продуктивність, але при цьому розвивають великий напір за рахунок збільшеного діаметру колеса на виході. Великий діаметр коліс обумовлює значні дискові втрати, а мала ширина проходів веде до великих гідравлічним втрат.

Аналіз характеристик насосів досліджуваного типу показав, що коефіцієнт корисної дії насосів такого типу не перевищує 70%. Відповідно, низькі значення ККД призводять до перевитрат електроенергії, що є неприпустимим в сучасних умовах. Проте, коефіцієнт корисної дії – не єдиний параметр оцінки ефективності роботи насосів низької швидкохідності. Не менш важливими параметрами є напір насоса та його масогабаритні показники. Тому доцільним є введення комплексного показника ефективності – технічного рівня виробу [1].

Виходячи з проведеного аналізу стає зрозумілим, що необхідно підвищувати технічний рівень насосів, зокрема їх робочих коліс.

Існує багато способів для підвищення технічного рівня РК. Найпоширенішими з яких є способи підвищення напору такі як загиловка, застосування S-подібної лопаті, варіювання кількістю лопатей, застосування розрізних лопатей, використання багатоярусних РК [2, 3].

Робочий процес в проточній частині відцентрового насоса представляє собою перетворення та перерозподіл величин кожної з форм енергії, тому в якості його моделі може бути використана модель розподілу енергії [3, 4].

Найчастіше гідравлічні втрати в проточній частині лопатевих насосів визначаються емпірично, що не дає змоги визначити частки втрат різних типів (профільних, кінцевих тощо).

Дослідження неможливе без глибокого аналізу робочого процесу в проточній частині відцентрового насоса низької швидкохідності. З цією метою було спроектовано проточну частину базового робочого колеса низької швидкохідності та проведено числовий експеримент.

Для проведення числового експерименту використовувався програмний комплекс ANSYS CFX університетської версії. В основу даного програмного продукту закладено методи чисельного вирішення фундаментальних законів гідромеханіки. А саме рівнянь руху в'язкої рідини з рівнянням нерозривності, що забезпечує обґрунтованість використання результатів числового експерименту. Моделлю потоку рідини прийнято

представлення чисельного розв'язання турбулентних течій рівняннями Рейнольдса. Для замикання рівнянь Рейнольдса використана стандартна  $k-\epsilon$  модель турбулентності. Для замикання рівнянь Рейнольдса використана модель турбулентності  $k-\epsilon$ . Розрахунок виконувався в стаціонарній постановці. Робоче середовище приймалося нестисливим, режим течії турбулентний.

В результаті проведення числового експерименту було отримано структуру потоку в раніше спроектованому робочому колесі низької швидкохідності. Було з'ясовано, що на течію в міжлопатевому каналі має значний вплив граничний шар на стінках каналів.

На оптимальному режимі роботи має місце низькоенергетична зона біля тильної сторони лопатки. В цій зоні при незначних витратах зосереджена значна доля втрат в міжлопатевому каналі. З огляду на це, логічним є використання в насосах такого типу каналних робочих коліс, які б формою лопаток виключали можливість виникнення таких зон.

Зважаючи на вищесказане, нами було спроектовано каналне робоче колесо та проведено моделювання потоку рідини в його каналах. В результаті числового експерименту було отримано та проаналізовано його напірні та енергетичні характеристики: відчутно змінилася форма кривої ККД, проте на розрахунковому режимі значення ККД вище за базове. За результатами числового експерименту було розраховано технічний рівень каналного робочого колеса.

Таким чином, було встановлено, що не зважаючи на досить високий приріст ККД, який становив 5%, напір каналного колеса знизився на 2,5 м, що в цілому призвело до незначного біля 1% (у порівнянні з базовим РК) підвищення технічного рівня робочого колеса. Це дає підґрунтя до подальшого пошуку методів підвищення технічного рівня відцентрових робочих коліс низької швидкохідності.

#### Список літератури

1. Министерство химического и нефтяного машиностроения. Руководящий документ: РД 26-06-57-86. Методика оценки технического уровня и качества насосного оборудования. – Москва, 1986. – 52 с.
2. Пфлейдерер К. Лопаточные машины для жидкостей и газов: Водяные насосы, вентиляторы, турбовоздуходувки, турбокомпрессоры. 4-е перераб. изд. Пер. инж. А.М. Ладогина/ Под ред. д-ра техн. наук, проф. В. И. Поликовского. М.: Машгиз, 1960г. – 684 с.
3. Шкрабуль С.Н. Экспериментальное исследование потока в рабочем колесе центробежного компрессора с различными профилями лопаток. // Труды ЛПИ. – 1962. – № 221. – С. 147 - 158.
4. Launder B. E. The Numerical Computation of Turbulent Flows / Comp. Meth. Appl. Mech. Eng. – 1974. – Vol. 3. – 1974. – P. 269 – 289.



## УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ВАКУУМНОГО ПЛАСТИНЧАСТОГО НАСОСА

*Видиш Ю.О., студент; Інат'єв О. С., доцент*

Як відомо при обертанні ротора рідинно-кільцевого вакуумного насоса, робоча рідина відцентровою силою відкидається від ступиці до корпусу утворюючи між поверхнею рідинного кільця та ступицею серповидну порожнину. В цю порожнину всмоктується повітря, яке стискається завдяки зміні об'єму камери утвореної ступицею, лопатками, внутрішньою поверхнею рідинного кільця та торцевими кришками.

При розрахунках насоса приймають наступні припущення: рух рідини в насосі у водяному кільці є усталеним; переріз водяного кільця внаслідок відсутності розривів є сталим; тиск газу на внутрішню поверхню водяного кільця на стороні всмоктування постійний і дорівнює тиску нагнітання; рідина не відривається від внутрішньої поверхні корпусу і в насосі немає зворотних потоків; лопаті постійно торкаються або занурені у водяне кільце; осьова складова швидкості рідини у безлопаточному просторі мала.

В реальних насосах визначають декілька відмінностей від припущень. А саме: рідина відходить від ступиці при перетині перемички між всмоктувальною та напірною порожнинами. Це призводить до того, що частина перекачуваного повітря потрапляє у всмоктувальну порожнину, що зменшує швидкохідність насоса. Крім того, експериментальні дані показують, що швидкість течії рідини зменшується при приближенні до торцевих кришок, що пов'язане з в'язкістним тертям рідини по нерухомій поверхні на якій швидкість рідини дорівнює нулю.

Це призводить до зміни форми внутрішньої поверхні рідинного кільця. Внутрішня поверхня рідинного кільця приймає бочкоподібну форму. Це негативно впливає на процеси теплообміну між рідиною та повітрям. Традиційно вважають, що завдяки великій поверхні теплообміну між газом та рідинним кільцем, процес стиснення наближається до ізотермічного. У реальному політропному процесі показники політропи сягають  $n=1,1\div 1,15$ . Для того, щоб наблизитись до цих значень бажано, щоб товщина повітряного простору по довжині ротора була сталою.

Виходячи з цієї точки зору має сенс поверхню ступиці ротора в точці перетину з плоскою торцевою поверхнею виконувати округленою по параболі.

### Список літератури

1. Механические вакуумные насосы/ Е. С. Фролов, И. В. Автономова, В. И. Васильев и др. – М.: Машиностроение, 1989. – 289 с.

## ОСОБЛИВОСТІ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ВІДЦЕНТРОВОГО СТУПЕНЯ НИЗЬКОЇ ШВИДКОХІДНОСТІ

*Вірченко В. І. студент; Ковальов І. О. професор*

Характерна для ступеня низької питомої швидкохідність ( $n_s 30 \div 40$ ) відносно мала величина витрати  $Q$  при високому створюваному напорі обумовлює цілий ряд особливостей процесу передачі енергії від вала насоса - рідині, які в результаті є причиною істотного зниження сумарного ККД. Виявлення та дослідження цих особливостей дозволить більш цілеспрямовано зменшувати їх шкідливий вплив.

До цих особливостей належать такі, як дуже мале співвідношення швидкостей  $V_{m2}$  та  $V_{u2}$ . Ці співвідношення становлять  $0,03 \div 0,06$ , що обумовлює дуже малі кути виходу потоку  $\alpha_3$  до значень  $2 \div 3,5^\circ$  і викликає підвищені гідравлічні втрати у відводі. Додатково до такого результату призводить і малий коефіцієнт реактивності робочого колеса,  $\rho = 0,5 \div 0,6$ , підвищений ступінь диффузорності  $W_1/W_2 = 1,5 \div 2,5$ , що підвищує ймовірність відриву потоку на робочій стороні лопаті. Щоб поліпшити ці співвідношення потрібно вдаватися до таких методів, як звуження робочого колеса до мінімально допустимих значень  $b_2/D_2 = 0,02 \div 0,035$  і декілька підвищувати число лопатей робочого колеса до значень  $z = 8 \div 9$ .

Наведені співвідношення дозволяють позитивно впливати на гідравлічні втрати, але вони практично не впливають на величини втрат об'ємних і механічних, які в своїх відносних величинах і складають головну причину невисокого значення сумарного ККД, а це є теж однією з головних особливостей робочого процесу таких ступенів.

З огляду на це конструкторами і дослідниками при створенні ефективних ступенів низької швидкохідності застосовуються додаткові заходи для зниження абсолютного значення об'ємних і механічних втрат (перш за все дискових), які для ступенів більш високих швидкохідностей застосовуються рідше. Серед таких заходів - зменшення зазорів в ущільненнях за рахунок більш жорстких технологічних вимог, підвищення коефіцієнта опору щільних ущільнень, та використання ущільнень з плаваючими кільцями. Для зниження коефіцієнта дискового тертя застосовується вибір оптимальної ширини бічних пазух, часткове підрізання на периферії дисків і вибір оптимальної чистоти поверхні.

Застосування таких способів дещо підвищує вартість виготовлення, проте добре компенсується вирашем за рахунок ККД.

## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ РОЗРАХУНКІВ ТЕЧІЇ У РОЗВАНТАЖУВАЛЬНОМУ ПРИСТРОЇ БАГАТОСТУПЕНЕВОГО ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСУ

*Колісніченко Е. В., доцент; Суворова Л. Ю., студентка*

Під час роботи відцентрових насосів з одностороннім входом на бокових поверхнях робочого колеса виникає різниця тиску. Під дією різниці тисків на роторі насоса виникає осьова сила, що викликає його зміщення в сторону вхідного патрубка. у багатоступеневих насосах величина осьової сили зростає пропорційно кількості його ступенів.

Для боротьби з осьовою силою у конструкціях відцентрових насосів використовують спеціальні розвантажувальні пристрої, у багатоступеневих насосах найчастіше це гідравлічна п'ята.

Проте, великим недоліком гідроп'яти є її недостатньо надійна робота в певних умовах, обумовлена схильністю до «запарювання» і задирих на торцевих контактних поверхнях, а також швидким зносом в місці торцевого зазору. Тому важливим етапом конструювання насоса є розрахунок та створення найбільш ефективної конструкції гідроп'яти.

На даний час існують методики статичного розрахунку геометричних параметрів гідравлічної п'яти багатоступеневих відцентрових насосів, проте, для того щоб врахувати всі негативні фактори, що виникають під час роботи пристрою, необхідно вивчити саме характер течії рідини. Тому існує потреба у створенні методики, яка б з найменшими часовими та матеріальними витратами допомогла провести аналіз характеру течії рідини у каналах та порожнинах гідравлічної п'яти.

Для вирішення цієї задачі на кафедрі ПГМ СумДУ було проведено ряд робіт з дослідження робочого процесу гідроп'яти насоса НЦГ 270-1650 за допомогою чисельних методів.

Чисельне моделювання проводилося за допомогою програмного продукту Ansys CFX, який дозволяє виконувати розрахунок течій рідини довільної складності в областях довільної геометричної конфігурації. У даній роботі була використана напівемпірична теорія турбулентності, заснована на осередненому вирішенні за Рейнольдсом рівнянь Нав'є-Стокса. Моделювання виконувалося двома шляхами: вирішенням просторової задачі та вирішенням плоскої задачі.

В результаті була отримана загальна картина течії, перепади швидкостей та тиску у робочій зоні. За цими даними обчислений загальний перепад тиску у торцевій та циліндричній щілинах, що дозволяє оцінити ефективність пристрою гідравлічної п'яти ще на етапі її розрахунку.

За результатами проведеного дослідження було запропоновано найбільш ефективну методику з чисельного моделювання течій рідини у каналах гідроп'яти.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТОКУ РІДИНИ В ПРОТОЧНІЙ ЧАСТИНІ ВІЛЬНОВИХРОВОГО НАСОСА З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ШЛЯХОМ ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ РОБОЧОГО КОЛЕСА

*Матвієнко Ю. О. студент; Котенко О. І. доцент*

В промисловості та господарстві виникає необхідність транспортування рідин що містять в собі різні включення. Для перекачування таких рідин використовують відцентрові насоси різних типів, їх конструкція суттєво відрізняється від конструкції звичайних відцентрових насосів адже перекачуються не чисті рідини і звичайні насоси не зможуть забезпечувати необхідні параметри або зовсім не будуть працювати.

Насоси СВН мають просту і зручну в експлуатації конструкцію, високу надійність, довговічність роботи і обумовлюють економічну ефективність їх застосування для перекачування різних твердих речовин і продуктів. За конструктивними ознаками і за характером робочого процесу СВН істотно відрізняються від відцентрових насосів. Робоче колесо СВН розташоване в розточці задньої стінки корпусу, що містить вільну камеру. Тому частина потоку рідини, що поступає в насос, проходить через вільну камеру, без взаємодії з лопатями робочого колеса. Через робоче колесо проходить тільки 15-20% перекачуваної рідини, тому колесо має підвищений в 2-3 рази ресурс в порівнянні з колесом відцентрового типу. Особливості конструкції і негативно впливають на роботу насоса, наслідком є низька енергоефективність (ККД 35-58%) і обмежені напори ( $H \leq 100$  м).

Для підвищення енергоефективності вільновихрових насосів запропоновано змінити конструкцію лопатей робочого колеса шляхом профілювання з використанням методу конформного відображення. Це дозволяє узгодити кут натікання рідини на вхідну кромку лопаті робочого колеса з кутом установки в плані на вході в робоче колесо, а також знизити втрати гідравлічної потужності в проточній частині робочого колеса. Такі заходи мають знизити гідравлічні втрати і позитивно вплинути на показник ККД.

**КАФЕДРА «ПРИКЛАДНА  
ГІДРОАЕРОМЕХАНІКА»**

**ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ  
ЕНЕРГОСМНИХ ВИРОБНИЦТВ**

## ВИКОРИСТАННЯ ЧИСЕЛЬНОГО МЕТОДУ МОДЕЛЮВАННЯ ПОТОКУ ТЕПЛОНОСІЯ В ОПАЛЮВАЛЬНОМУ ПРИЛАДІ ПРИ РІЗНИХ УМОВАХ ЙОГО ЕКСПЛУАТАЦІЇ

*Антоненко С. С., доцент; Іржавська І. О., студентка;  
Лямзіна Т. Ю., студентка*

На сьогоднішній день головною проблемою при експлуатації будівель є підвищені витрати теплової енергії на опалення та невідповідність внутрішнього мікроклімату приміщень загальноприйнятим нормам комфорту. У такому випадку виникає необхідність у забезпеченні високої ефективності енергоспоживання системами штучного підтримання якісних тепломасообмінних процесів по будівлі.

Основними елементами системи опалення являються нагрівальні прилади, які призначені для передачі тепла від теплоносія до повітря приміщень за рахунок теплообміну. Одними з основних факторів, які впливають на ефективність теплопередачі, яку здійснює опалювальний прилад, є правильність його встановлення, та його підключення, щоб тепловіддача була максимальною. Таким чином, була визначена мета наукового дослідження – вивчення впливу методів приєднання опалювального приладу до розподільчої системи теплопостачання будинку при змінних параметрах теплоносія на енергоефективність його роботи.

У наукових дослідженнях особливої популярності набули методи чисельного моделювання гідродинамічних процесів на базі обчислювальної гідродинаміки. Аналіз сучасних методів обчислювальної гідродинаміки показує, що одним з найбільш прогресивних програмних пакетів для дослідження потоку теплоносія є ANSYS. Вказаний програмний продукт надає можливість проведення повноцінного вивчення картини протікання теплоносія у протічних каналах опалювального приладу. При цьому, одноразово вивчається питання, як при змінні параметрів теплоносія, вивести роботу систем опалення на високий рівень з енергоефективності.

Проведене розрахункове моделювання надало можливість отримати зображення розподілу швидкості руху теплоносія усередині опалювального приладу, розподілу температурних полів, а також, визначити втрати тиску на вході та виході теплоносія та показник середньої температури теплоносія по всьому об'єму опалювального приладу. Аналіз проводився для трьох видів під'єднання радіаторів опалення до розподільної системи теплопостачання будинку, а саме: бокове одностороннє підключення, діагональне та нижнє.

Результати чисельного моделювання були підтверджені результатами експериментального дослідження, що надає практичну можливість вибрати правильний спосіб підключення опалювального приладу до розподільної системи теплопостачання будинку при будівництві будинку та при проектуванні та модернізації системи опалення.

## АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДИТЯЧИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

*Антоненко С. С., доцент; Коваленко І. С., студент*

Статистичні дані про енергетичне обстеження бюджетних організацій, зокрема, дитячих навчальних закладів, свідчать про те, що основними причинами завищених витрат енергоносіїв у них є:

- застарілість обладнання;
- відсутність контролю з боку керівництва за витратою енергоносіїв;
- невміння вчасно попереджати проблеми та несистемний підхід до їх вирішення;
- відсутність автоматизації систем теплопостачання, електропостачання, гарячого та холодного водопостачання;
- відсутність стимулювання колективів і окремих працівників на економію паливно-енергетичних ресурсів.

З метою більше детального вивчення вказаних проблем, було проведено енергетичного обстеження систем тепло-, електропостачання, гарячого та холодного водопостачання дошкільного навчального закладу №23 «Золотий ключик» м.Суми.

Енергетичне обстеження – обстеження підприємств різної сфери та окремих виробництв за їх ініціативою з точки зору їх енергоспоживання з метою визначення можливостей економії енергії та допомогти у економії на практиці шляхом впровадження механізмів підвищення енергетичної ефективності.

Було встановлено, що за останній звітний період (2016 рік) заклад спожив – 642,118 Гкал теплової енергії та 46893,00 кВт·год електричної енергії. При проведенні порівняння фактичних величин енергоспоживання з нормованими величинами (лімітами) було отримано наступний висновок, що заклад перевищує рівень лімітованого енергоспоживання у 1,1 рази по тепловій енергії, що підтверджує статистичну інформацію про незадовільний стан у роботі системи теплопостачання бюджетних організацій. У споживанні електричної енергії закладом, фактичні показники зрівнюються з максимальною величиною встановлених лімітів.

Проведений у роботі аналіз енергоефективності експлуатації систем електропостачання, теплопостачання та водопостачання, за допомогою методів енергетичного обстеження (інструментальне обстеження; розрахунковий аналіз рівня енергоспоживання; розрахунок можливих заходів з економії теплової енергії та строки окупності запропонованих заходів) надає можливість отримати відповіді на вирішення перелічених вище проблем у енергоспоживанні типових навчальних закладів та використовувати їх у практичній діяльності з метою підвищення енергоефективності їхніх систем енергопостачання.

## МОДЕЛЮВАННЯ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПРИМІЩЕННЯ ПРИ ЗМІННИХ ТЕМПЕРАТУРАХ ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

*Гузь О. А., студентка; Хованський С. О., доцент*

Вибір та розміщення кондиціонера, який одночасно зміг би забезпечити комфортні та безпечні умови життєдіяльності людей, а також бути енергоефективним – це дуже складна задача. Цю задачу можна вирішити за допомогою чисельного комп'ютерного моделювання типових об'єктів (будівель, приміщень, тощо), що дозволяє перебрати величезну кількість варіантів при проектуванні та обрати найбільш доцільний з точки зору енергоефективності, комфорту та безпеки.

Класичним методом проведення експерименту є фіксування на прийнятих рівнях всіх змінних факторів, крім одного, значення якого змінюють в області його існування. Такий метод складає основу однофакторного експерименту. Провівши велику кількість однофакторних експериментів при вивченні багатфакторної системи ми отримаємо залежності, які можна представити у графічному вигляді, але не можна об'єднати в одну загальну залежність.

Використання однофакторного експерименту для повного дослідження багатфакторного процесу потребує великої кількості дослідів, для яких потрібен час, за який вплив неконтрольованих факторів може значно змінитися. Тому результати можуть бути не достовірними. Також велика кількість експериментів виявиться непотрібною, бо отримані для області, далекої від оптимуму.

Для вирішення даних проблем було використано планування експерименту – це розділ математичної статистики, в якому розглядаються статистичні методи планування експерименту, що дозволяють при найменшій кількості експериментів отримати моделі багатфакторних процесів. В роботі виконано факторний експеримент з трьома факторами: швидкістю та температурою потоку повітря на виході із кондиціонера, температурою огорожувальних конструкцій (навколишнього середовища).

Для проведення чисельного експерименту моделі теплового стану приміщення була створена тривимірна модель приміщення за допомогою програмного продукту solidworks. У якості кондиціонера розглянута спліт-система настінного типу. Розрахунковою областю в даній розрахунковій задачі є внутрішній об'єм в приміщенні, який займає повітря.

За результатами проведених експериментів можна оцінити вплив швидкості та температури потоку повітря на виході із кондиціонера, температури огорожувальних конструкцій на температуру повітря в приміщенні та обрати оптимальний варіант для кондиціонування приміщення. Це дозволить дотримуватися санітарно-гігієнічних норм і забезпечити комфортні умови для нормальної життєдіяльності людей.



## ЧИСЛОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПОВІТРОРозПОДІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ ПРИПЛИВНИХ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ

*Влізько В. Л., студент; Хованський С. О., доцент*

Звичайні системи кондиціонування не здатні постачати значні об'єми повітря з допустимими швидкостями руху повітряних мас у зоні знаходження людей. У таких випадках застосовують повітророзподільні пристрої типу «душуюча панель». Такі вентиляційні системи застосовуються для підтримання комфортних умов спортивних, промислових та адміністративних установ. Найбільшою популярністю вони користуються у промисловості, де успішно експлуатуються в приміщеннях з надлишковим виділенням теплової енергії або у місцях значної концентрації шкідливих речовин, утворюючи «озеро свіжого повітря».

Метою даної роботи є розробка загальних методів проектування повітророзподільних систем припливної вентиляції типу «душуюча панель», а також аналіз роботи такої системи вентиляції (розподіл температурних полів, швидкостей руху повітря, наявність застійних зон та зон вихроутворення в «озері свіжого повітря»). В роботі проведений аналіз впливу різних параметрів конструкції на ефективність її роботи. Інструментом проведення аналізу був метод планування експерименту. Основним завданням, яке вирішує планування експерименту, є знаходження таких умов і правил проведення дослідів, за яких вдається отримати надійну і достовірну інформацію про об'єкт дослідження з найменшою затратою праці, а також представити цю інформацію у доступній і зручній формі з кількісною оцінкою точності. Основним параметром оптимізації було обрано усереднену швидкість руху повітря по площі панелі оскільки саме швидкість руху нормована стандартами які визначають комфортні умови у приміщеннях і саме низька швидкість повітря на виході з панелі при значних об'ємах подачі повітря є основною перевагою даних систем вентиляції, а факторами експерименту, тобто змінними вплив на швидкість яких ми досліджуємо, подача, коефіцієнт прозорості панелі та площа панелі.

Для проведення чисельного моделювання було побудовано тривимірну модель панелі та об'єму приміщення в сапр solidworks. Розрахунковою областю в даній задачі є внутрішній об'єм в приміщенні, який займає повітря. Моделювання руху повітряних мас проводилось у програмному комплексі ansys.

Результатом роботи є модель вентиляційної системи «душуюча панель», розроблена з урахуванням результатів отриманих у даній роботі. Перевагами розробленої конструкції є її економічність у виготовленні та експлуатації. Моделювання роботи панелі показало її ефективність та відповідність санітарним нормам.

## ПОРІВНЯННЯ ДВОХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ НА ПРИКЛАДІ БУДІВЛІ НАВЧАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ

*Строкін О. О., студент; Мандрика А. С., доцент*

Об'єкт дослідження – будівля школи. Площа опалювальних приміщень становить – 3704,4 м<sup>2</sup>. Опалювальний об'єм – 11414 м<sup>3</sup>. Теплова потужність будівлі складає – 285 кВт.

Діюча система опалення складається з трьох котлів вітчизняного виробництва «МАЯК - 100», які працюють на природному газі. Система опалення двотрубна, насосна, замкнена. Її живлення забезпечується теплоносієм (водою з температурою до 70°C) від газового котла. Гаряча вода подається по трубопроводу в систему опалення від власної котельні, потім по трубопроводах вода надходить у приміщення. Трубопровід металевий, ізолюваний, знаходиться в задовільному стані. Котельня розташована в окремому, спеціально виділеному приміщенні.

У роботі йдеться про порівняння двох систем опалення. Діюча автономна система опалення порівнюється із системою опалення, в якій використовується теплонасосна технологія і частково газові котли.

У запропонованій альтернативній системі опалення основним джерелом тепла буде тепловий насос, нижнім джерелом тепла якого є ґрунт. За рахунок теплонасосної технології буде забезпечуватися 60% опалення, а решта – за рахунок газових котлів. Таке співвідношення було прийняте виходячи із можливостей шкільного підвір'я і розмірів земляного колектора. Земляний колектор являє собою систему металевих трубок прокладених під землею на глибині 1 метру.

Було прораховано, що використання теплонасосної технології дає можливість зменшити використання природного газу на 60%, і як наслідок, дає можливість підвищити енергетичну і екологічну ефективність досліджуваної будівлі. Така система опалення здатна задовольнити теплові потреби будівлі школи та забезпечити комфортний мікроклімат всередині приміщень.

### Список літератури

1. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель - зі зміною №1 від 1 липня 2013 року. На заміну СНіП П-3-79. Введ. 09.09.2006 р. – К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006.-72 с.

## АНАЛІЗ ЕНЕРГО- ТА ЕКОЛОГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ СПОРТИВНО-ОЗДОРОВЧОГО ТАБОРУ "УНІВЕР"

*Коваленко Є. С., студентка; Мандрика А. С., доцент*

Наразі в Україні існує проблема в недостатньому використанні відновлюваних джерел енергії. Більше того наступною проблемою є неефективне використання традиційних видів палива. В переважній більшості котельних установок його просто спалюють, що є найгіршим способом використання ресурсів. Цю проблему можна вирішити максимально можливим використанням відновлюваних джерел енергії і зменшенням використання традиційних видів енергії, зокрема - газу. Такі нововведення можуть підвищити ефективність всієї будівельної сфери. Зважаючи на це, нами було запропоновано більш ефективне автономне опалення за допомогою піролізного котла.

Аналіз ефективності системи опалення був виконаний за результатами проведеного розрахункового та експериментального дослідження системи опалення. Загальна опалювальна площа будівель складає 2872 м<sup>2</sup>, опалювальний об'єм – 9432 м<sup>3</sup>. В результаті було виявлено, що саморобний твердопаливний котел не забезпечує необхідної нормованої температури 20°C [1]. При максимальному режимі роботи в приміщеннях температура повітря не перевищує 16 - 17°C. Для вирішення проблеми було запропоновано замінити діючий котел на одноконтурний піролізний котел потужністю 300 кВт.

Сутність цієї технології полягає в наступному. Під час піролізного спалювання органічні сполуки розпадаються. Характерні реакції при піролізі – розщеплення вуглець-вуглецевих зв'язків. Піролізу передують випаровування вологи. Далі проходить розщеплення складних органічних сполук, яке відбувається при високій температурі під час відсутності кисню або киснево-дефіцитній атмосфері, щоб уникнути окиснення і горіння. Останній етап - це згоряння суміші піролізного газу і повітря. В цьому прикладі описано поєднання і піролізу і згоряння газу.

Використання цього котла дає можливість більш економно використовувати паливні ресурси, оскільки ККД піролізного котла на 20% вище ніж традиційних водяних котлів. Окрім того запропонований піролізний котел покращує екологію, так як кількість забруднюючих відходів в рази менша, ніж у звичайних твердопаливних котлах.

### Список літератури

1. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31 :2006 - [Чинні від 2007-04-01] // Мінбуд України. Укрархбудінформ, 2006.-65 с. - (державні будівельні норми України).

## МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ

*Акименко М. В., студент; Мандрика А. С., доцент*

Сьогодення змушує людство все частіше замислюватися над ощадним користуванням енергоресурсами. Від раціонального використання яких залежить економічне і екологічне становище суспільства.

При проведенні енергетичного обстеження адміністративної будівлі підприємства Білопільського РЕМ минулого року нами були виявлені деякі аспекти, які можна було б покращити для зменшення витрат на енергоресурси. Основним витратним пунктом була електроенергія, яка витрачається для обігріву приміщення в опалювальний період.

Для опалення використовуються достатньо нові електричні котли фірми «Титан», що за паспортом мають коефіцієнт корисної дії 97% - достатньо високий показник. При аналізі отриманих даних по споживанню електроенергії та режимів роботи котла були зроблені висновки, що котел працює на повну потужність коли в будівлі знаходиться найбільша кількість працівників, що співпадає з періодом доби коли тариф на електроенергію найвищий.

Тобто в самій конструкції котла покращувати щось недоцільно, так як його характеристики задовільні. Проаналізувавши отримані дані аудиту, а також вивчивши доступний ринок енергозберігаючого обладнання було запропоновано встановити на підприємстві в систему опалення багатотарифний лічильник, нас цікавить три діапазони цін на електричну енергію – нічний, напівнічний, піковий. Це дозволить не переплачувати за електроенергію в нічний час, до того ж при вже встановленому терморегуляторі.

Також було б доцільним модернізувати опалювальну систему в плані встановлення акумуляторної ємності для води в системі опалення. Принцип роботи такої установки в тому що в ночі вода, яка буде використана для опалення, нагрівається до потрібної температури, тобто за нічним тарифом – мінімальним, а в денний час, з максимальною вартістю за електричну енергію, температура води в акумуляторній ємності тільки підтримується.

Встановлення багатотарифного лічильника дозволить економити 15% на електроенергії, а система з акумуляторною ємністю заощаджує ще 25%. В сумі маємо близько 40%, що при споживанні електроенергії будівлі понад 300 тис. кВт в рік, з яких 60% в опалювальний період, ефект прийнятний.

Основною проблемою для застосування таких енергозберігаючих засобів є складність встановлення акумуляуючого резервуару, так як він займає досить багато місця. Але така модернізація дає ефект на багато років вперед тому вважаємо, що така добудова є доцільною.

## ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ПРИВАТНОЇ ЗАБУДОВИ МІСТА

*Положай Б. В., студент; Сотник М. І., доцент*

Теплозабезпечення об'єктів приватної житлової забудови міста здійснюється, в основному, індивідуальними теплогенераційними засобами з використанням індивідуальних котельних агрегатів, які споживають природний газ, тверде паливо (в основному, деревину). Різке здорожчання природного газу корінним чином впливає на скорочення його використання та заміщення альтернативними видами палива. Динаміка споживання природного газу споживачами приватного сектору (на прикладі м. Глухова) та експертна оцінка його заміщення альтернативними видами вказує на збільшення частки використання деревини як палива у паливному балансі споживачів приватного сектору. Це дає підстави щодо прогнозування збільшення попиту на паливо з деревини (зростання близько 2,5 % щорічно) та розширення його асортименту. Одним з можливих резервів нарощування на ринку об'ємів палива з деревини є поглиблена переробка відходів деревини при планових лісозаготівлях на щепу, паливні брикети, пелети. Такий захід дозволить збільшити пропозицію на ринку без збільшення екологічного навантаження на навколишнє середовище. За експертними оцінками, впровадження системи збору та глибокої переробки відходів лісозаготівлі може дати до 50 % приросту палива з деревини без суттєвого збільшення існуючих об'ємів планових рубок. Як приклад, наведено розрахунок витрат на опалення житлового одноповерхового приватного будинку з опалюваною площею близько 100 м<sup>2</sup>, та теплоізоляційними властивостями огорожуючих конструкцій, які є типовими для середньостатистичного будинку приватної забудови м. Глухів, у разі переведення системи опалення з використання природного газу на тверде паливо (дрова, деревинні брикети, льяні брикети, пелети). Згідно норм та вказівок по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні (КТМ 204 Україна 244-94), норма річної витрати теплоти на опалення житлових будівель на 1 м<sup>2</sup> загальної площі 1-2 поверхових будівель для м. Глухів становить – 0,422 Гкал/м<sup>2</sup> [КТМ 204 Україна 244-94, Таблиця 7.1]. Для умовної житлової опалюваної площі 100 м<sup>2</sup> річна норма на опалення становитиме 42,2 Гкал (42 200 тис. ккал). За цієї умови, при використанні різних видів палива, витрата енергоресурсів та їх вартість становитиме: газ природний – 5282 м<sup>3</sup> – 36343 грн; брикети з костриці льону – 12150 кг – 26460 грн; брикети з деревини – 12000 кг – 26565 грн; пелети з деревини – 10425 кг – 25000 грн; дрова – 17200 кг – 17790 грн.

Висновок. Проведений розрахунок підтверджує технічну, екологічну та економічну доцільність використання палива з деревини для опалення будівель приватної забудови міста за декількома варіантами технології спалювання.

## СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ В УПРАВЛІННІ ОСВІТИ І НАУКИ МІСТА СУМИ

*Сапожніков С. В., доцент; Горбачова Б. Ю., студентка*

Глобальні енергетичні проблеми, окрім пошуку та розроблення нових ефективних та екологічно чистих джерел енергії, вимагають організації оптимального управління розвитком та експлуатацією існуючих систем виробництва, розподілу та споживання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР). Впровадження системи енергетичного менеджменту та функціонування єдиної системи енергетичного аудиту забезпечують вирішення цих питань.

Служба енергоменеджменту, як одна із форм реалізації державної політики з енергоефективності та енергозбереження, є частиною загальної системи управління навчальними закладами та установами Міністерства освіти і науки України, основним завданням якої є управління ефективністю споживання ПЕР.

Впровадження служби енергетичного менеджменту полягає у формуванні професійних управлінських механізмів, спрямованих на забезпечення раціонального використання ПЕР шляхом здійснення обліку, контролю, планування, нормування та аналізу витрат ПЕР, проведення внутрішніх енергетичних аудитів (енергетичних обстежень), впровадження енергозберігаючих заходів, здійснення моніторингу та коригувальних дій у сфері енергоефективності та енергозбереження, а також інформування, стимулювання та навчання персоналу навчальних закладів та установ міністерства у сфері енергозбереження.

Запровадження служби енергетичного менеджменту спрямоване на забезпечення ефективної реалізації державної політики підвищення ефективності використання ПЕР та економії бюджетних коштів за спожиті енергоносії, а також створення відповідних коригувальних механізмів, а в подальшому і оцінювання того, наскільки ці механізми виявляються ефективними в закладах та установах міністерства.

Головною метою впровадження енергоменеджменту в закладах та установах міністерства освіти і науки є скорочення витрат закладів за рахунок зниження видатків на паливно-енергетичні та інші ресурси.

Взагалі бюджетна сфера є крупним споживачем енергоносіїв. Організації бюджетної сфери споживають близько 15% електроенергії, що виробляється в країні, і близько 30% теплової енергії.

Соціальна значущість бюджетної сфери і її недостатнє фінансування гостро ставить проблему раціонального споживання енергоносіїв, їх обліку і економії і саме тому в даній роботі пропонується створення системи енергетичного менеджменту в управлінні освіти і науки Сумської міської ради для максимально ефективного енерговикористання.

## ПРОГНОЗУВАННЯ ТА КОНТРОЛЬ СПОЖИВАННЯ ГАЗУ ПРИ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННІ БУДІВЛІ

*Іванова А. Ю., студентка; Сотник М. І., доцент*

Одним з шляхів оптимізації та зменшення витрат на опалення будівлі є узгодження теплових втрат будівлі та теплових надходжень від системи опалення за різних температурних показників навколишнього середовища. Тобто, уникнення «недотопів» та «перетопів» будівлі. У системах опалення це досягається лімітуванням об'єму теплової енергії через його прогнозування та додержання теплового графіку подачі теплоносія з урахуванням базового теплового навантаження будівлі. За умови якісного регулювання системи опалення, кількість теплоти, що надходить у будівлю при базовому навантаженні (при  $0^{\circ}\text{C}$  повітря зовнішнього середовища):  $Q_0^{\circ} = mc(t_{10}^{\circ} - t_{20}^{\circ})$ , кількість теплоти, що надходить при будь-якій іншій температурі повітря зовнішнього середовища  $t_i$ :  $Q_i^{\circ} = mc(t_{i}^{\circ} - t_{2i}^{\circ})$ . Якщо вважати  $mc$  величиною постійною, то відношення  $Q_i^{\circ} / Q_0^{\circ} = (t_{i}^{\circ} - t_{2i}^{\circ}) / (t_{10}^{\circ} - t_{20}^{\circ})$ , тобто кількість теплоти, яку має споживати будівля при будь-якій температурі зовнішнього повітря  $t_i$  розраховується як:  $Q_i^{\circ} = \kappa_i Q_0^{\circ}$ . Розрахунок прогнозованої необхідної лімітованої кількості теплоенергії базується на графіку теплозабезпечення будівлі  $Q_i^{\circ}$  у залежності від температури повітря зовнішнього середовища  $t_i$  з урахуванням додаткових втрат та витрат теплової енергії при її генерації (витрати на власні потреби  $Q_{i^{\circ} \text{ном}}$ , втрати у котлі  $Q_{i^{\circ} \text{кот}}$ ) та транспортуванні  $Q_{i^{\circ} \text{тр}}$ . Мінімізація втрат у котлі  $Q_{i^{\circ} \text{кот}}$ , у залежності від режиму його навантаження, має бути предметом особливої уваги при експлуатації дахових котельнь, оснащених навіть високоефективними котлами одиничної потужності. Результати проведених досліджень функціонування таких об'єктів показують, що при метеорологічних показниках зовнішнього середовища протягом опалювального сезону у м. Суми основним чинником ефективності роботи системи опалення (окрім додержання розрахункових лімітів газоспоживання, розрахованих на умовах термоопору огорожуючих конструкцій будівель) є  $Q_{i^{\circ} \text{тр}}$ . Тобто, експлуатаційний коефіцієнт корисної дії котельної установки може змінювати ефективність всієї системи опалення будівлі у період опалювального сезону у межах 60 %. Результати досліджень та розрахунків показують, що реальні показники ефективності використання природного газу таких будівель знаходяться у межах від 29 %. Таку ситуацію можливо змінити шляхом первинної зміни конструкції котельних агрегатів (монтаж модульних котлів), запровадженням ступеневого включення декількох котлів меншої теплової потужності, або (у деяких випадках) запровадження індивідуального квартирної приготування гарячої води через електричні індивідуальні підігрівачі.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ РЕЖИМУ ЧЕРГОВОГО ОПАЛЕННЯ ПРИМІЩЕННЯ

*Черноброва А. К., студент; Сотник М. І., доцент*

Нагальною проблемою впровадження режимів чергового опалення є надійна та достовірна методика визначення параметрів перехідного теплового процесу при опаленні приміщення. Наявні методи (навіть визначені у ДБН) не дають достатньо точного результату, бо не враховують у моделі перехідного процесу теплові ємності елементів приміщення (тепло акумулятори). Застосування числових моделей з використанням електричних методів аналізу теплового процесу дозволяє визначати термін часу перехідного процесу, граничні температури регулювання. У роботі наведено результати досліджень та розрахунків теплового стану аудиторії лабораторного корпусу Сумського державного університету, що має об'єм внутрішнього повітря, включаючи меблі 142,75 м<sup>3</sup>, без врахування об'єму меблів – 140,58 м<sup>3</sup>. Об'єм меблів, що знаходяться у кімнаті, 2,17 м<sup>3</sup>, площа – 200,89 м<sup>2</sup>. Об'єм зовнішніх стін – 9,9 м<sup>3</sup>, площа – 62,36 м<sup>2</sup>. Об'єм внутрішніх стін – 9,34 м<sup>3</sup>, площа - 120,18 м<sup>2</sup>. Режим чергового опалення реалізується шляхом регулювання температури теплоносія в період відсутності відвідувачів. Температура теплоносія зменшувалася на 11°C з 17.00 до 02.00. При цьому температура повітря всередині приміщення знижувалася на 1,5 °С. При проведенні вимірювань при температурі зовнішнього середовища - 2...0°C, температура теплоносія зменшувалася на 8,5 °С з 16.00 до 00.00, температура повітря всередині приміщення зменшується на 0,5 °С. При температурах ззовні -7...-12 °С результати аналогічні. У всіх випадках температура акумулюючих приладів залишалася однаковою. Час виходу температури повітря приміщення на початковий рівень становить близько 2 годин. Аналогічну картину показують результати числового моделювання. Графік зміни температури теплоносія залежно від температури зовнішнього середовища наведено на рисунку.

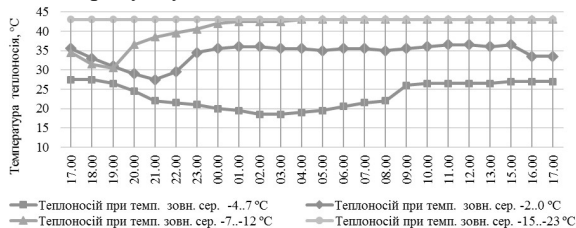


Рисунок - Зміна температури теплоносія

**Висновок** Результати досліджень показують, що застосування режиму чергового опалення дозволяє заощадити витрати на опалення у межах 12%.



## СТВОРЕННЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДУ З СОНЯЧНИМ КОЛЕКТОРОМ

*Сапожніков С. В., доцент; Остапенко І. О., студент*

На сьогодні досить гостро постало питання щодо ефективного використання енергоносіїв. Використання різних видів палива для опалювання будівель та гарячого водопостачання приведе до викидів парникових газів в атмосферу, які погіршують стан навколишнього середовища та негативно впливають на зміну клімату.

Так як ціни на енергоносії постійно зростають, потрібно раціонально використовувати альтернативні види енергії, які мають переваги для господарства держави.

Під створенням стенду, розуміється зборка стенду з сонячним колектором «Atmosfera».

Існують такі види сонячних колекторів:

- низькотемпературний безскляний сонячний колектор - складається з чорних листів пластику або гуми, між якими по трубчастим каналах протікає вода. Ці панелі ефективні для нагріву великих обсягів води з невеликою температурним підвищенням;

- концентричний (параболічний) сонячний колектор - колектор концентрує за допомогою дзеркала сферичної форми сонячні промені на нагрівачі. Використовуються ці сонячні колектора тоді, коли потрібен нагрів води до температур вище 100С;

- плоский сонячний колектор - складається з теплоізолюваного короба, поверхні з високим поглинанням сонячної енергії і мідних труб. Рідина, протікаючи по трубках колектора, відбирає тепло у абсорбера нагріваючись таким чином;

- вакуумний трубчастий колектор - складається з ряду скляних труб, в яких міститься адсорбер і теплова трубка. Адсорбер, поглинаючи сонячні промені і нагріваючись, передає зібране тепло мідній трубці. Далі нагріта мідна труба передає тепло теплоносію.

Проект з вакуумним трубчастим сонячним колектором передбачає зменшення використання енергоносіїв на опалення і гаряче водопостачання завдяки енергії сонця.

У докладі показано скільки теплової енергії може передати одна труба в залежності від місяця року, та розрахунок скільки часу треба щоб нагріти рідину на певну різницю температур.

Завдяки стенду ми можемо наглядно визначити які будуть реальні параметри та порівняти з параметрами виробника. Також цей стенд надалі можна буде використовувати для проведення лабораторних робіт студентами.

## АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ВПРОВАДЖЕННЯ НА ПАТ «СУМСЬКЕ НВО» СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

*Сапожніков С. В., доцент; Назарько Н. В., студент*

Після розробки рекомендацій, структури, посадових інструкцій, цілей та енергетичної політики на ПАТ «Сумське НВО» можна проаналізувати очікувані результати від впровадження системи енергетичного менеджменту (СЕМ).

Результати впровадження та перспективи розвитку СЕМ дослідимо за допомогою матриці енергетичного менеджменту.

Як показав аналіз матриці енергетичного менеджменту, після впровадження системи розробляється та впроваджується енергетична політика та встановлюються посадові обов'язки. По організаційній структурі планується інтегрування департаменту енергетичного менеджменту до загальної структури підприємства. За рівнем мотивації та заощадженням енергії вводиться преміювання на систематичній основі, пропорційне фактичній економії. За рівнем інформаційних систем автоматизована система збору даних енергоспоживання знаходиться на етапі створення та впровадження з центром керування системою. Змінюємо рівень маркетингу за допомогою програми підвищення свідомості персоналу щодо основних засад енергозбереження. Щодо інвестицій розраховуємо на використання середньострокових інвестицій зі строком окупності 3-4 роки.

Звісно на цьому не можна зупинятися, в довгостроковій перспективі підприємства, матриця енергетичного менеджменту повинна досягти максимального 4 рівня за всіма критеріями.

Для досягнення найвищого рівня матриці енергетичного менеджменту рекомендовано використовувати Цикл PDCA, який являє собою найпростіший алгоритм дій керівництва по управлінню процесом енерговикористання і досягнення його цілей.

Цикл що включає: планування (встановлення процесів, необхідних для досягнення цілей), виконання (виконання запланованих робіт, перевірка (збір інформації та контроль результату на основі ключових показників ефективності) та вплив (прийняття заходів щодо усунення причин відхилень).

У результаті впровадження СЕМ з'являється можливість знизити витрати на споживання енергоносіїв та води на 5-10 % в річному вимірі. Такого результату можна досягти за 12-18 місяців шляхом дотримання рекомендацій. Світова практика показує, що витрати від впровадження системи енергетичного менеджменту складають 5% від вартості енергоносіїв.

Керуючись світовим досвідом обрахуємо термін окупності від впровадження СЕМ, і визначаємо що він становить 0,46 року, тобто робимо висновок, що впровадження СЕМ є економічно доцільним та вигідним.

## МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛООВОГО СТАНУ ПРИМІЩЕННЯ З СИСТЕМОЮ ОБІГРІВУ «ТЕПЛА СТІНА»

*Демченко С. М., студент; Хованський С. О., доцент*

Промєневе опалення – це найбільш близький до природи теплообміну людини спосіб обігріву. Промєневе опалення неспроста вважають природним і більш відповідним людині, оскільки звичне для нас сонячне проміння нагріває землю за таким же принципом, як і промєневе джерело тепла. Промєні досягають огорожувальних конструкцій, твердих поверхонь, проникають в них на глибину 3-4 см і віддають своє тепло. При цьому саме панельно-промєневе опалення має можливість рівномірно випромінювати тепло, яке також рівномірно поглинається приміщенням.

Система панельно-промєневого опалення має ряд переваг перед іншими системами не тільки з гігієнічної, але і з техніко-економічної точки зору. Приведемо деякі з них: система опалення невидима, що покращує дизайн; підвищена температура внутрішніх поверхонь огорожень і знижена температура обігріваної поверхні; на панелях не виникає конденсації водяних парів, що містяться в повітрі приміщення.

Метою даної роботи є підвищення ефективності використання теплової енергії приміщень з системою опалення «тепла стіна» на основі аналізу їх теплових режимів.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі: розроблялася математична та числова модель теплового стану приміщення, яка обігрівается променистою системою опалення «тепла стіна»; проводилося моделювання процесів аеродинаміки та тепло масообміну в приміщенні для аналізу його теплового стану; на основі розробленої моделі оцінювався тепловий стан приміщення; досліджувався вплив нестационарних процесів у внутрішньому об'ємі приміщення на його загальний тепловий стан.

За допомогою програми Solid Works була створена тривимірна модель приміщення. Всі розрахунки здійснювалось у програмному продукті ANSYS CFX за допомогою вбудованих моделей: гравітації, теплообміну, турбулентності тощо. При дослідженні моделі було побудовано графіки розподілу температур, швидкості руху повітря, наявності вихроутворень тощо.

За допомогою розробленої моделі можна забезпечувати комфортні умови для нормальної життєдіяльності людей, а також спрогнозувати найбільш доцільний варіант проектування системи опалення з точки зору енергоефективності та комфорту. Також отримані результати можуть бути в майбутньому використані при розробці систем автоматичного регулювання систем опалення (чергового опалення, пофасадного опалення тощо).

## СТВОРЕННЯ МОБІЛЬНИХ СИСТЕМ БЕЗПЛОТНОЇ АВІАЦІЙНОТЕПЛОВІЗІЙНОЇ ДІАГНОСТИКИ

*Денисенко Т. М., студент; Хованський С. О., доцент*

Зважаючи на незадовільний стан об'єктів теплоенергетичної галузі України, в останні роки інтенсифікувався попит на використання методів безконтактної діагностики технічного стану споруд та обладнання житлово-комунального господарства. Вирішення задач з оцінки технічного стану будівель, споруд та тепломеханічного обладнання безпосередньо пов'язано з застосуванням методів інструментального контролю і технічної діагностики, зокрема заснованих на дистанційному аналізі поверхневих температурних полів об'єктів за їх власним тепловим випромінюванням.

Здороження енергоносіїв та незадовільний стан об'єктів теплоенергетичної галузі – являються основними проблемами сьогодення. Виходячи з цього, в останні роки інтенсифікувався попит на використання методів безконтактної діагностики технічного стану споруд та обладнання житлово-комунального господарства. Також відсутність законодавчої бази у сфері забезпечення енергетичної ефективності будівель та неможливість адекватно забезпечити рівень енергетичних характеристик будівель спонукає нас до створення теоретичних засад побудови, практичної реалізації і дослідження мобільних систем безпілотної авіаційної тепловізійної діагностики для оцінки технічного стану будівель, споруд та тепломеханічного обладнання.

Зростаючим попитом на ринку діагностичних послуг користується тепловізійне обстеження багатоповерхових будинків, висотних споруд (димових труб), теплових мереж та інших великогабаритних об'єктів та систем. Вирішення цих задач потребує створенням мобільних систем безпілотної авіаційної тепловізійної діагностики. До теперішнього часу зробити термографічні знімки в тяжко доступних, висотних або великих за площею об'єктах являло в собі дуже велику небезпеку або важкість. Також такі дослідження потребували неабияку кількість часу. Тому дана робота направлена на: аналіз сучасного стану науково-технічних, методологічних і практичних підходів до інфрачервоної термографічної діагностики просторово розгалужених об'єктів; розвиток теоретичних засад побудови мобільних систем тепловізійної діагностики; методів опрацювання експериментальних даних, отриманих під час інфрачервоного термографічного аналізу; та в кінцевому результаті – створити діючий зразок.

Даний проект дозволить створити і запропонувати для практичного використання новий пристрій мобільної безпілотної авіаційної тепловізійної діагностики для оцінки технічного стану багатоповерхових будинків, висотних споруд, теплових мереж та інших великогабаритних об'єктів та систем, який передбачає використання безлюдних технологій вимірювань та контролю у важкодоступних та небезпечних місцях.

## ФОРМУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНО ГРАМОТНОЇ ПОВЕДІНКИ ТА ЕНЕРГООЩАДНОЇ ЖИТТЄВОЇ ПОЗИЦІЇ У СУЧАСНОЇ МОЛОДІ

*Леонова Д. О., студентка; Хованський С. О., доцент*

Потреба в раціональному використанні та економії електричної енергії обумовлена не тільки обмеженими запасами природоресурсів для її вироблення та світовими екологічними проблемами, а й наднормовими обсягами її споживання житловим сектором і, відповідно, значними витратами коштів населення на оплату комунальних платежів. Оскільки дані втрати електроенергії є наслідком її неефективного споживання не самими будинками, а їх мешканцями, то постає питання щодо недостатньої поінформованості населення з питань енергозбереження у побуті. Для досягнення цілі ефективного використання енергоресурсів з орієнтацією на довготривалий період необхідним є безпосереднє залучення саме молодого покоління, зокрема школярів та студентів, до навчально-практичної діяльності з питань енергоощадності.

У даній роботі запропоновано створення програми впливу на формування у сучасної молоді відповідального та ощадного ставлення до споживання енергетичних ресурсів. Зважаючи на те, що інтенсифікувати учнівську зацікавленість у цій сфері проведенням науково-популярних лекцій неможливо, розглядається застосування у навчальному процесі наступних методів неформальної освіти: проведення тренінгів, мозкових штурмів, майстер-класів, індивідуальної роботи над завданнями та роботи у командах. При цьому не менш важливо навчити молодь оволодівати інструментарієм, необхідним для явного розуміння того, скільки витрачається енергії на задоволення тієї чи іншої потреби та яким чином це відбувається.

Так, згідно статистичних даних, 80% втрат електроенергії на рівні житлових приміщень припадає на використання електропобутових приладів. Дивлячись на це, виховання ощадливого ставлення до електроспоживання можна здійснити наступним інтерактивним методом: учень стає не об'єктом, а суб'єктом навчання та практично засвоює грамотні навички обліку та контролю витрат електричної енергії у повсякденному житті завдяки використанню спеціального побутового облікового пристрою. Таким чином, кожна молода особа має можливість наочно сприйняти розподіл коштів за споживання електроенергії будь-яким електроприладом, відчуваючи себе активним учасником власної самоосвіти в напрямку енергозбереження.

Інтерактивне навчання на практиці позитивно позначиться на внутрішній мотивації учнів заощаджувати енергію на рівні побутового споживача, приведе до поступового підвищення їх інтересу до енергетичної проблеми, а також сприяє у майбутньому зменшенню грошових витрат на енергоносії, зниженню негативного впливу на навколишнє середовище та розвитку нового енергозберігаючого світогляду сучасної молоді.

## ДЕМОНСТРАЦІЙНА ЗОНА З ВИХОВАННЯ ЕНЕРГООЩАДНОЇ ПОВЕДІНКИ ТА НАВИЧОК ЕКОНОМНОГО ВИКОРИСТАННЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ

*Феденченко І. М., студент; Хованський С. О., доцент*

Сьогодні гостро постає питання про понаднормове споживання водних ресурсів. Після підвищення тарифів люди платять значні кошти за водоспоживання та водовідведення і в результаті цього вони почали замислюватись над тим скільки води вони витрачають дарма. Не завжди люди знають яким чином можна зекономити водні ресурси, а отже і власні кошти. Тому проблема неефективного споживання енергетичних ресурсів та необізнаність людей в напрямку ресурсозбереження має вирішуватись впровадженням нових енергоощадних рішень.

Новітнім для сьогодення варіантом підвищення ефективності споживання водних ресурсів є інтерактивна демонстраційна зона. Вона складається з монітору, який встановлюється на водорозбірний вузол на рівні очей, та показує в режимі реального часу кількість споживаної води, імпульсного лічильника споживання водних ресурсів, який обліковує кількість спожитої води та передає результати на монітор та системи голосового повідомлення, яка сповіщає користувача про кількість спожитих ресурсів після припинення їх споживання. Перевагами використання даного пристрою є те, що він дозволить сформулювати у споживачів чітке розуміння допустимих обсягів використання водних ресурсів, а також методами наочної демонстрації кількості витраченої води змусить користувача припинити її споживання, перш ніж він перевищить певні обсяги, достатні для задоволення особистих санітарно-гігієнічних потреб. Також встановлення даного пристрою допоможе людям виховати в собі енергоощадну поведінку споживання водних ресурсів, що дозволить у майбутньому скоротити витрати енергоносіїв, а також підвищити зацікавленість людей до проблем енергозбереження шляхом формування пізнавального інтересу до створеної демонстраційної зони з виховання культури водоспоживання і буде сприяти сталому розвитку раціонального використання енергоносіїв.

Реалізація даного проекту у довгостроковій перспективі дозволить: зменшити витрат води, а отже і економити кошти СумДУ на оплату послуг з водопостачання та водовідведення; сформулювати навички раціонального споживання енергоносіїв не тільки у межах СумДУ, а й у повсякденному житті; підтвердити статусу СумДУ як екологічного та енергетично-відповідального закладу освіти.

Оцінювання результатів роботи проекту може відбуватися шляхом порівняння обсягів споживання водних ресурсів до впровадження проекту, одразу після його реалізації, а також регулярним щомісячним аналізом витрат води після розробки демонстраційної зони, а також за допомогою соціальних опитувань учасників щодо ефективності проекту та його дієвості в майбутньому.

## МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО СТАНУ ПРИМІЩЕННЯ З СИСТЕМОЮ ОБІГРІВУ «ТЕПЛА ПІДЛОГА»

*Науменко Р. С., студент; Хованський С. О., доцент*

На сучасному етапі розвитку технологічних рішень з підвищенням рівня енергоощадності при використанні енергоносіїв головним чинником ефективності енергозбереження в будівлях є рівень збереження теплової енергії. Кількість матеріальних і фінансових ресурсів, які витрачаються на теплову енергію, набагато більші, ніж витрати на системи освітлення, електропостачання та водопостачання. Збереження теплової енергії є центральною задачею енергозбереження будівель. Вирішення якої впливає на організацію роботи інших пов'язаних з цим енергетичних систем. Тому доцільність ефективного використання тепла все більше набирає актуальності.

Все більшої популярності набирають джерела низькопотенційної теплової енергії. Низькопотенційну енергію можуть створювати теплові насоси, сонячні колектори тощо. Однією з проблем таких джерел теплової енергії є те, що вони мають низьку температуру теплоносія. Температуру теплоносія можна підвищити, але це значно зменшує ефективність низькопотенційних джерел енергії.

З основного рівняння теплопередачі видно, що для забезпечення тієї ж теплової потужності при зменшенні різниці температур  $\Delta t$  потрібно збільшувати коефіцієнт теплопередачі  $k$  або площу поверхні  $F$ . Так як на коефіцієнт теплопередачі  $k$  вплинути не можливо (маємо природню конвекцію), тому треба збільшувати площу поверхні  $F$ . Збільшення площі опалювальних приладів таких як радіатор, реєстр призведе до значного підвищення вартості цих приладів, тому існує інший вихід з цієї ситуації – опалювальні панелі. Опалювальна панель має значно більшу площу поверхні, ніж радіатори опалення, що дає можливість використовувати низькопотенційні джерела теплової енергії.

За допомогою програми SolidWorks була створена тривимірна модель приміщення в якому досліджувався вплив нестационарних процесів на його загальний тепловий стан. Всі розрахунки здійснювались у програмному продукті ANSYS CFD за допомогою вбудованих моделей: гравітації, теплообміну, турбулентності тощо. При дослідженні моделі було побудовано графіки розподілу температур по висоті приміщення, швидкості руху повітря, наявності вихроутворень. Розглянуто вплив зміни температури теплоносія на тепловий баланс приміщення.

Результати виконаної роботи дають можливість проаналізувати термодинамічні параметри приміщення (температура повітря, швидкість потоку повітря) при різних температурах теплоносія.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ФІЛІЇ «БІЛОПІЛЬСЬКИЙ РЕМ» ПАТ «СУМІОБЛЕНЕРГО»

*Карпова М. А., студентка; Мандрика А. С., доцент*

Однією із інноваційних технологій в енергоефективному будівництві є «пасивний будинок», схема обладнання якого була запропонована у 1988 році доктором В. Файстом та професором Б. Адамсоном. «Пасивний будинок» – це споруда, яка не має потреби в опаленні або ж її енергоспоживання становить менше 10 % від енергії на одиницю об'єму, яка споживається більшістю сучасних будівель. Тепло у такому будинку генерується пасивно, тобто лише засобами внутрішніх джерел тепла, сонячної енергії, яка потрапляє через вікна, та шляхом підігрівання повітря, що надходить через вентиляцію. На основі такої схеми обладнання доцільно не лише будувати нові будинки, але й модернізувати старі.

Для цього необхідно:

- Зробити теплоізоляцію стін, стелі, підлоги даної споруди енергоефективною. Для цього слід сформувати кілька шарів теплоізоляції, що не дозволять випускати тепло і впускати холодне повітря.
- Оснастити будівлю інноваційними вікнами та дверима.
- Встановити нову систему вентиляції з рекуперацією тепла.
- Приєднати до існуючого електрокотла та бойлера тепловий насос та геліосистему.

Адміністративна будівля філії «Білопільський РЕМ» ПАТ «Суміобленерго» була побудована ще за радянських часів у 1986 році. Враховуючи рік побудови можемо віднести таку будівлю в розділ «нових споруд» (зведені з 1970 до 2000 року). Такі будівлі за нормативами споживають не більше ніж 150 кВт • год / м<sup>2</sup>. Для визначення дійсної питомої витрати теплової енергії на опалення будинку за опалювальний період використаємо формулу:

$$q_{\text{буд}} = \frac{Q_{\text{оп}}}{F_{\text{буд}}^{\text{он}}}, \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$$

де  $Q_{\text{оп}}$  - величина спожитої теплової енергії за опалювальний період, кВт•год;

$F_{\text{буд}}^{\text{он}}$  - загальна площа всіх опалювальних приміщень будинку, м<sup>2</sup>.

В 2017 році на опалення будівлі було витрачено 181260 кВт•год, опалювальна площа складає 892,8м<sup>2</sup>, звідки розраховуємо дійсне значення питомої витрати енергії на опалення – 203 кВт • год / м<sup>2</sup>. Це значить, що



будівля за своїми параметрами не відповідає нормам споживання енергії для «нових споруд», тобто перед модернізацією потрібна реконструкція. При зовнішньому огляді було виявлено те, що погодними умовами була частково зруйнована цегла, має місце протікання даху, через вікна та двері проходять протяги, забруднена система вентиляції. Оскільки система опалення в будівлі нова, можна розраховувати, що за рахунок реконструкції показник питомої витрати енергії знизиться до 150 кВт • год / м<sup>2</sup>. Але такий показник для України є занадто високим.

Продовжуючи аналіз будівлі можемо визначити, що частина отриманого тепла втрачається через неякісну теплоізоляцію будівлі. Мінімізувати тепловтрати можливо тільки застосовуючи комплексний підхід та впроваджуючи сучасні теплоізоляційні технології у поєднанні з високоефективними і довговічними теплоізоляційними матеріалами.

За орієнтовними розрахунками, якщо провести утеплення зовнішніх стін, стелі, зробити заміну дерев'яних вхідних дверей та вікон в дерев'яних рамах на металопластикові, замінити систему вентиляції на нову з рекуператорами теплоти, то отримаємо економію 167415кВт·год за опалювальний період, тому будівля буде витратити 13845 кВт·год на опалення, при цьому показник питомих витрат енергії знизиться до 15,5 кВт • год / м<sup>2</sup> і така будівля вже буде вважатися енергозберігаючою. Але для того, щоб будівля стала «пасивною», необхідно встановити геліосистему та тепловий насос. За орієнтовними розрахунками саме ці впровадження знизять енергоспоживання будівлі до 10 % від енергії на одиницю об'єму.

Таким чином, впровадження технології «пасивний будинок» в адміністративній будівлі філії «Білопільський РЕМ» допоможе компанії заощадити більше 150 тисяч кВт·год за опалювальний період. Якщо ж такий підхід впровадити в більшості будівель в Україні, то це дозволить зробити нашу країну більш енергоефективною, незалежною економічно та поліпшить екологічну ситуацію.

#### Список літератури

1. Державні будівельні норми України: ДБН В.2.6-31: 2006 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://eurobud.ua/uploads/files/pinoplast\\_norm\\_doc/4%20DBN%20B.2.6-31-2006.pdf](http://eurobud.ua/uploads/files/pinoplast_norm_doc/4%20DBN%20B.2.6-31-2006.pdf)
2. «Пасивний будинок» – інноваційна технологія в енергоефективному будівництві. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B9\\_%D0%B4%D0%BE%D0%BC](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B4%D0%BE%D0%BC)

## ПОРІВНЯННЯ ДВОХ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ НА ПРИКЛАДІ БУДІВЕЛЬ ВИРОБНИЧИХ МАЙСТЕРЕНЬ

*Киян Ю. О., студентка; Мандрика А. С.,*

В докладі йдеться про можливе використання різних технологій опалення для забезпечення життєдіяльності будівель навчальних майстерень машинобудівного коледжу.

На разі були розглянуті такі опалювальні технології: теплонасосне та інфрачервоне опалення, автономне опалення з використанням піролізних і конденсаційних котлів для будівель механічного та слюсарного відділення опалювальною площею 1129,4 м<sup>2</sup> та 328 м<sup>2</sup> відповідно. В результаті дійшли висновку, що для даних умов найбільш прийнятним являється автономне опалення з використанням теплонасосних та довгохвильових технологій.

Джерелом довгохвильового випромінювання являється будь-яке нагріте тіло. Такі технології можна використовувати для обігріву відкритих частків (кафе, бари, ресторани тощо), будівель промислових підприємств з високими стелями, мансарди, басейни, теплиці, гаражі, майстерні та інші приміщення, де конвективне опалення неефективне або малоефективне. Особливістю такого опалення є локальність, тобто опалюється певний участок (робоче місце, кафе, ресторани, веранди, альтанки), що дозволяє підтримувати тепло там де це є необхідним.

Технології теплонасосного опалення дозволяють забезпечити обігрів та гаряче водопостачання з використанням нескінченної дармової енергії ґрунту, води чи повітря. Теплові насоси екологічні, стабільні, й економічні, з широким вибором теплової потужності. Такі системи можна встановлювати для опалення житлових будинків будь-якої площі, кондиціонування, підігріву басейнів, гарячого водопостачання, системи «тепла підлога», протиобледеніння тощо. Технології теплонасосного опалення дозволяють досягти незалежності від теплових пунктів та сплачувати лише за електроенергію, необхідну для злагодженої роботи системи.

На сьогоднішній день ефективність опалення будівель різного типу та призначення стає все більш важливим питанням. Через політичне та економічне становище в Україні це питання стає ще більш гострим, оскільки становище, що склалося з видобутком кам'яного вугілля, необхідне для роботи теплових станцій, набуває дефіцитного характеру, тому необхідність вибору правильної системи опалення для кожного випадку має бути індивідуальним та одним із пріоритетним питанням як в промисловості, в господарській діяльності так і в побуті.

*Робота виконана під керівництвом доцента Мандрики А. С.*

**ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ  
ТА ІНЖЕНЕРІЯ**

## АНАЛІЗ УМОВ РЕГЕНЕРАЦІЇ ГЛІКОЛІВ

*Баня Д. І., магістрант*

Істотний вплив на процес осушення природного газу надає глибина регенерації розчину поглинача, насиченого водою. При концентрації розчинів що регенерують 96,0-97,5% (мас.) застосовується десорбція при тиску, близькому до атмосферного. Прагнення отримати більш концентровані розчини призвело до необхідності впровадження вакуумної регенерації або до подачі в систему десорбції нейтрального агента - природного газу, що знижує парціальний тиск водяної пари і забезпечує отримання регенованих поглиначів концентрацією 98,0-99,95% (мас.). Знаходить застосування також азеотропна ректифікація.

Можна отримати регеновані розчини гліколей концентрацією до 99,95% (мас.) при подачі віддувочного агента (осушеного газу) в випарник або регенераційну колону або в процесі азеотропної ректифікації.

Завдяки більш високій температурі розкладання триетиленгліколя його можна нагрівати до більш високої температури при атмосферному тиску, ніж діетиленгліколь, і отримувати висококонцентрований розчин, що забезпечить кращу депресію точки роси осушуваного газу. Глибина осушки газу гліколями в основному залежить від температури контакту газ - поглинач і змісту залишкової вологи в регенованому розчині гліколю.

Технологія регенерації повинна забезпечити концентрацію гліколів, яка дозволяє осушувати гази до температури, що відповідає заданій проектом точці роси газу в абсорбері. Вибір оптимальної схеми регенерації гліколів вимагає техніко-економічного обґрунтування.

Регенерація при атмосферному тиску найчастіше застосовується на промислових і заводських установках низькотемпературної сепарації для випаровування води з 70% розчинів етиленгліколю та доведення їх концентрації до 80% (мас.). Розчин гліколю підігрівається в парових або вогневих випарувачах. На установках осушки головних споруд магістральних газопроводів регенерація при атмосферному тиску застосовується в Україні, де точки роси осушуваного газу рівні  $-10^{\circ}\text{C}$ , а концентрація регенованого розчину гліколю не перевищує 97,5% (мас.).

Практичний інтерес також представляють схеми регенерації гліколю, в яких замість вакууму використовується віддувка газом. Слід однак, врахувати, що вакуум-насос доцільно замінювати циркуляційним компресором, так як випускати віддувочний газ в атмосферу нерационально.

Тому до значних недоліків таких схем слід віднести відведення віддувочного газу і водяної пари в атмосферу, що призводить до втрат газу і забруднення навколишнього середовища. Для ліквідації втрат газу додатково встановлюють циркуляційні газодувки і колони осушки циркулюючого газу, що приводить до здороження процесу.

*Робота виконана під керівництвом професора Склабінського В. І.*

## ВПЛИВ ТИСКУ ТА ТЕМПЕРАТУРИ НА ПОЯВУ ГІДРАТІВ

*Гаврилюк С. М., магістрант*

У зв'язку з розвитком видобутку і транспорту природного газу перед працівниками газової промисловості гостро постала проблема боротьби з гідратами вуглеводневих газів. Кристалічні сполуки, схожі зі снігом або льодом, утворені асоційованими молекулами вуглеводнів і води, називаються кристалогідратами (або просто гідратами). Гідрати індивідуальних газоподібних вуглеводнів або їх сумішей складаються з нестехіометричних з'єднань включень клітинного типу.

Гідрати утворюють дві основні структурні форми. Газові гідрати мають кристалічну решітку, утворену молекулами води. Порожнини решітки заповнені поглиненими вуглеводнями. При осушенні газів, що містять сірку та водень вони розчиняються в гліколі, викликаючи інтенсивну корозію обладнання та забруднюючи навколишнє середовище. За експериментальними даними, гідрати утворюються з моменту появи центрів кристалізації, які зазвичай формуються на поверхнях розділу: при контакті вода - газ, вода - скраплений газ, зріджений газ - вологий газ; при конденсації води з обсягу газу і на бульбашках газу при його барботуванні через воду; при контакті вода - метал за рахунок сорбції газу, розчиненого у воді.

Є залежність часу переходу природного газу в гідратну решітку від тиску при різних температурах. Аналіз цих даних показує, що зі збільшенням тиску і зниженням температури підвищується швидкість утворення гідрату. Однак, при низьких температурах, підвищення тиску мало впливає на процес гідратоутворення. Підвищення ж температури уповільнює процес утворення гідратів. Практичний інтерес представляє вплив незначних добавок деяких органічних сполук, таких, як етиленгліколь, метанол, етанол і пропанол, на прискорення процесу створення гідратів. З введенням метанолу змінюється кількість пропану, зв'язаного в гідрат, і час утворення гідрату. Зі збільшенням вмісту метанолу в водно-метанольному розчині кількість пропану в суміші проходить через максимум. Характерно, що зі збільшенням часу утворення гідрату максимум зростає. Присутність азоту в природному газі знижує температуру утворення гідратів, а наявність сірководню і діоксиду вуглецю підвищує температуру гідратоутворення природного газу.

При транспортуванні газоконденсату, особливо нестабільного, по трубопроводах за наявності в ньому прісної або низькомінералізованої води і природного газу можливе утворення гідратних пробок. В процесі утворення гідратів легких вуглеводнів відбувається механічне захоплення рідкого конденсату. Краплі конденсату як би виявляються оточеними кристалами гідрату. Обсяг конденсату, захопленого при утворенні льоду, приблизно в 1,5-2,0 рази менше, ніж при утворенні гідратів.

*Робота виконана під керівництвом професора Склабінського В. І.*

## ОСНОВНІ СПОСОБИ ОЧИЩЕННЯ ГАЗУ ВІД СІРКОВОДНЮ

*Мазенко О. М., студент*

У промисловості відомо до двадцяти різних способів очищення газу від сірководню. Перша група це «сухі» способи очищення із застосуванням твердих очисних адсорбентів або реагентів. Друга група це абсорбційні способи із застосуванням рідких поглиначів або реагентів.

Сухі способи очищають газ майже до 100 %, але вони мають великий недолік. Це мала продуктивність через малі швидкості проходження газу через очисні апарати й невеликий тиск. Тому найпоширенішими в промисловості є абсорбційні (мокрі) способи, які дозволяють досягати великих швидкостей і більших тисків.

Мокрі способи очищення газів від сірководню підрозділяються на окисні, кругові й комбіновані. При окисних процесах застосовують поглиначі, що окиснять сірководень до елементарної сірки.

У комбінованих процесах очищення як поглинача застосовується звичайно розчин аміаку, що утворює разом із сірководнем, при його каталітичній окисненні, сульфат амонію. У процесі мокрого очищення газ промивається відповідним поглиначем, що абсорбує сірководень. Надалі поглинач зазнає регенерації з виділенням елементарної сірки або сірководню. Залежно від типу застосовуваних поглиначів розрізняють наступні методи мокрого очищення: залізолужний, миш'яковолужний, нікелевий, залізоціанідний, етаноламіновий і ряд інших.

Відмінною рисою кругових способів очищення газу від сірководню є виділення сірководню з поглинача в концентрованому виді з метою його подальшої переробки в сірку або сірчану кислоту. У якості поглинача найчастіше застосовується моноетаноламін, який крім сірководню поглинає також вуглекислий газ.

У промисловості також використовують лужні або карбонатні способи. Цей метод знайшов застосування в ряді країн через порівняльну дешевину процесу й низьку вартість одержуваної сірки. При регенерації сірководень виділяється у вигляді концентрованого газу

Цей концентрований газ можна використовувати для одержання сірчаної кислоти шляхом спалювання сірководню. Можливо, також використання його для одержання елементарної сірки шляхом каталітичного окиснення.

По ступеню очищення газу й простоті кращим є етаноламіновий спосіб, при якому досягається очищення газу до слідів сірководню. Найбільше поширення одержали насадкові (поверхневі) і барботажні тарілчасті абсорбери. Але загальними недоліками абсорбційних методів є утворення рідких стоків і громіздкість апаратурного оформлення.

*Робота виконана під керівництвом професора Склабінського В. І.*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СЕПАРАЦІЇ У ГРАВІТАЦІЙНОМУ ПОЛИЧНОМУ ПНЕВМОКЛАСИФІКАТОРІ

*Крісанова Д. В., магістрантка*

Процес видалення дрібних пильних фракцій із полідисперсних матеріалів, тобто обезпилювання, є широко поширеною технологічною операцією. Обезпилювання дозволяє усунути пиловиділення та пилеунос при подальшій обробці зернистих матеріалів. В промислових умовах зернисті матеріали найбільш часто розділяють на дрібні та крупні фракції під дією гравітаційних сил у висхідному потоці газу – гравітаційних класифікаторах.

Об'єктом досліджень є пневмокласифікатор поличного типу. У припущенні прямолінійності профілю швидкостей повітряного потоку в зоні поділу можна теоретично очікувати значення відношення середньої швидкості повітряного потоку  $W_{\text{пн}}$  до швидкості витання твердих частинок  $U_{\text{вт}}$ , дорівнює одиниці ( $\frac{W_{\text{пн}}}{U_{\text{вт}}} = 1$ ), тобто апарат розглядається як рівноважний пневмокласифікатор. Але в промислових апаратах процес поділу не є статичним, тому відношення ( $\frac{W_{\text{пн}}}{U_{\text{вт}}} > 1$ ), при цьому частинки дрібної фракції будуть виноситись повітряним потоком із апарату. Таким чином, важливо знати значення швидкості витання твердих частинок, яке буде визначати якісне розділення вихідного матеріалу на дрібну та крупну фракції.

Основними методами визначення швидкості витання є аналітичний та експериментальний. Аналітичний метод базується на критеріальних залежностях виду  $Re=f(Ar)$ , основними з яких є:  $Re=0,152Ar^{0,715}$  (для перехідного режиму  $36 < Ar < 83000$ ) та  $Re=1,74 \cdot Ar^{0,5}$  (для турбулентного режиму  $Ar < 83000$ ),  $Re=24/Ar$  (для ламінарного режиму  $Ar < 36$ ).

При експериментальному методі спочатку проводиться дослідження з поодинокими частинками різної форми, а потім для створення обмежених умов - з декількома частинками одночасно. Досліджувані частинки завантажуються в апарат, а саме в скляну трубку в середині апарату, де вони накопичуються на сітці. Після включення вентилятора за допомогою регульованого вентиля і показань  $U$  - подібного манометра налаштовується необхідний потік повітря який забезпечує витання досліджуваних частинок. Потік повітря повинен бути таким, щоб частинки відірвалися від сітки, але в той же час не виносилися зі скляної трубки. Після того як буде відрегульована необхідна витрата повітря, проводиться зняття показань на  $U$  - подібному манометрі, на основі яких буде розрахована швидкість витання частинок.

Аналіз аналітичних і експериментальних даних показав збіжність результатів в допустимих межах похибки для інженерних розрахунків і дав можливість визначити вибір більш раціональних рівнянь, які показали цю мінімальну похибку.

*Робота виконана під керівництвом доцента Юхименко М. П.*

## РЕАЛІЗАЦІЯ СУМІСНОГО ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ТА ПНЕВМОСЕПАРАЦІЇ У СУШАРКАХ КИПЛЯЧОГО ШАРУ

*Кушвїд О. А., студентка*

Однією з основних технологічних стадій при виробництві багатьох продуктів в хімічній промисловості є їх теплове сушіння. У різних галузях промисловості значно поширене сушіння зернистих матеріалів у завислому й псевдозрідженому станах. Інтенсивний контакт між сушильним агентом і поверхнею частинок, що висушуються, простота обладнання й обслуговування дозволяють досягти в таких сушарках високих техніко-економічних показників. Одним із недоліків таких сушарок є підвищений винос пиловидних фракцій, розмір частинок яких менше 1 мм. Це обумовлює значне експлуатаційне напруження пилогазоочисного устаткування та підвищенні енерговитрати. Тому актуальним є проведення процесу сушіння вологого зернистого матеріалу із попереднім його знесиленням.

Для реалізації даної задачі перспективними є двохступеневі апарати киплячого чи завислого шару, що дозволяють під час сушіння знепилювати продукт, а за необхідності - розділяти продукт за розмірами частинок на дві фракції – крупну (провал) та дрібну (винос).

Така сушарка дозволяє реалізувати на верхній газорозподільній решітці гідродинамічний режим «гравітаційно падаючого шару», найбільш ефективний для знепилювання матеріалу; на нижній - режим «завислого шару», в якому інтенсивно здійснюються сушильні процеси. По мірі накопичення частина циркулюючого гарячого матеріалу випадає через розвантажувальний простір в бункер, де збирається крупна фракція висушеного продукту. Дрібна фракція (пил), винесена із сушарки газовим потоком, досушується в циклоні. У сушарці вдається, при температурі теплоносія 120 - 180 °С, досягти кінцевої вологості продукту у провалі не більше 0,5 - 1% мас., а у виносі - 0,1-0,2% мас. У сушарках процес протікає при значно менших швидкостях газового потоку у вільному перерізі апарату, що не перевищують 2,5-3,5 м/с, а локальні коефіцієнти тепловіддачі в місці контакту твердих частинок з газовим струменем досягають 400-500 Вт/(м<sup>2</sup> К). Це дозволяє подавати сушильний агент з більш високою температурою на вході (в 1,5-1,8 рази вищою за температуру плавлення), не побоюючись термічного пошкодження частинок.

Таким чином, двохступеневі апарати киплячого чи завислого шару дозволяють досягти більш високого технологічного ефекту, ніж типові апарати із псевдозрідженим шаром, при менших енергетичних витратах і габаритах.

*Робота виконана під керівництвом доцента Юхименко М. П.*



## ШЛЯХИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЗЕРНИСТИХ МАТЕРІАЛІВ У БАРАБАННІЙ СУШАРЦІ

*Новіков С. О., студент*

Сушка є однією з основних технологічних стадій при виробництві гранульованих фосфорних мінеральних добрив, оскільки забезпечує їх якість, а саме достатню сипкість і мінімальну злежуваність матеріалу при зберіганні.

Для сушіння даних матеріалів в хімічній промисловості застосовують барабанні сушарки. Барабанні сушарки характеризуються підвищеними металоємністю та енерговитратами. Таким чином, дослідження в області інтенсифікації процесів сушіння гранульованих матеріалів слід направити на розробку енергозберігаючих барабанних сушарок, в яких би достатня ефективність поєднувалася з мінімальними витратами на проведення процесу сушіння та пилоочищення. Одним із напрямків енергозбереження є рециркуляція нагрітого повітря, що відходить від системи аспірації і охолоджувача киплячого шару, з подальшою його подачею в якості вторинного в барабанний гранулятор-сушарку.

Рекуперация вихідних газів, як метод регенерації теплоти, вже в достатній мірі апробований в промисловості і є показником економічної та екологічної ефективності виробництва. Однак утилізація тепла аспіраційного повітря і вихідних газів після охолоджувачів, як показують розрахунки, утруднена в зв'язку з їх значною кількістю (відповідно 15 і 35 тис. м<sup>3</sup>/год), які не узгоджуються з кількістю повітря, необхідного для розведення топкових газів до необхідної температури сушіння (15 - 16 м<sup>3</sup>/год).

В даному випадку доцільно відокремити аспіраційне повітря від газів після охолоджувачів і використовувати його в якості вторинного для топков, що дало б економію палива. При цьому пил, який міститься в аспіраційному повітрі не вплине на режим роботи пальника, так як таке повітря не буде використане для спалювання. При цьому потрібна досить розгалужена мережа газоходів між грохотами, елеваторами і нагнітачем повітря в топку, система заслінок і додатковий напірний вентилятор для забезпечення достатньої швидкості газу в трубопроводах. Крім цього зберігається необхідність в окремій системі очищення від пилу і фтористих сполук газів, що відходять після охолоджувача.

Оскільки кількість повітря, що відходить після охолоджувача більше кількості аспіраційного і має температуру не нижче 45-50°C, то він має більш високий потенціал для утилізації. Його можна повністю використовувати в якості топкового повітря для барабанної гранулятора-сушарки (з розрахунку близько 30 тис. м<sup>3</sup>/год), однак виникає необхідність в додатковому устаткуванні для його якісного очищення від пилу.

*Робота виконана під керівництвом доцента Юхименко М. П.*

## ЗАТРАТИ ПОТУЖНОСТІ НА ПЕРЕМІШУВАННЯ В ГАЗОРІДИННОМУ РЕАКТОРІ ЗІ СТАТОРОМ

*Батюта А. С., магістрант; Стороженко В. Я., професор*

При виборі приводу в реакторах для перемішування газорідинної системи потужність, що витрачається на перемішування розраховується за відомим рівнянням, яке дійсне для однорідних рідин і типів перемішувачів пристроїв.

Введення газу в перемішувач обсяг викликає втрати потужності, що витрачається на перемішування, що в першу чергу залежить від кількості газу який знаходиться в рідині.

Як відомо оцінка витрат енергії на перемішування необхідна в двох випадках: при розрахунку газовмісту системи і тепломасопереносу.

Як показують дослідження, проведені раніше, потужність витрачається на перемішування газорідинної суміші залежить не тільки від властивостей газо-рідинної суміші, а й від конструктивних особливостей перемішувачів пристроїв.

На лабораторній установці для дослідження об'ємного реактора з вбудованим статором були проведені дослідження на моделі з розмірами: діаметр апарату  $D_a=0,4$ м, діаметр мішалки  $d_m=0,13$ м, глибина занурення мішалки  $h_m=0,18$ м.

Обробка даних досліджень дозволяє отримати розрахункове рівняння для елементів зі статором:

$$N_{г-р} = 6,12 \xi \rho \cdot n^3 d_m^5 \cdot \sin \alpha^{0,32} \cdot \left(\frac{d_m}{D}\right)^{0,02} \cdot \left(\frac{b}{d_m}\right)^{-0,05}$$

Використання отриманого рівняння дає змогу розраховувати затрати потужності в газорідинних реакторах з використанням для охолодження системи за допомогою статора.

### Список літератури

1. Соيفер Р. Д., Кафаров В. В. Расход энергии на перемешивание в газожидкостных системах. Химическое и нефтяное машиностроение. - 1965. - № 10. - с. 15 - 19.
2. Зайцев В. А. Гусева Т. П. Исследование энергетических затрат в аппаратах с аэрирующими устройствами. - В сб.: Теория и практика перемешивания в жидких средах. - М.: НИИТЭХИМ, 1982. - С. 97 - 99.
3. Calderbank R. U. Physical rate processes in industrial fermentation. Part 2. Interfacial area in gas-liquid centering with mechanical aqitation Trans. Ins. Chem. Engrs. 1958, v. 38, p. 443 - 463.

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ 3D ДРУКУ БУДІВЕЛЬ

*Пилипенко О. С., магістрант; Варуха Д. О., студент;  
Смирнов В. А., асистент*

Технологія «тривимірного друку» з'явилася завдяки розвитку цифрових технологій в області проектування, моделювання, розрахунків і механічної обробки та набула вибуховий характер. На даному етапі розвитку технології 3D-друку, що відомі як адитивні технології, широко використовуються в області матеріального виробництва, та представляють собою побудову фізичного об'єкта (деталі) методом пошарового нанесення матеріалу. При використанні адитивних технологій всі стадії реалізації проекту від ідеї до матеріалізації знаходяться в єдиному технологічному ланцюзі, в якому кожна технологічна операція реалізується в цифровому вигляді. Це означає реальний перехід до «безпаперових» технологій, коли для виготовлення деталі немає потреби в традиційній креслярській документації.

Адитивні технології охоплюють все нові сфери діяльності людини, однією з яких є створення будівель і архітектурних споруд методом 3D друку. Такі технології дозволяють забудовувати території в рекордно короткі терміни, створюючи цілі вулиці та квартали за лічені місяці. При цьому весь процес вимагає значно менших фінансових витрат, ніж будівництво традиційними методами. Створення будинку за 3D технологією відбувається з використанням сучасних матеріалів, таких як швидкотверднуча бетонна суміш. В тому числі за умов різкого зменшення відходів, скорочення технологічного ланцюга, індивідуалізації продукту, прискорення впровадження нових ідей, можливості виготовлення деталей надвисокої складності при відносній легкості навчання персоналу. Це суттєво прискорює будівництво та дозволяє створювати достатньо міцні та надійні конструкції. Деякі моделі будівельних принтерів здатні не тільки зводити будівлі з бетону, але й прокладати всі необхідні комунікації (електропроводку, трубопровід, газову розв'язку і таке інше). Дана технологія може бути застосована для будівництва бюджетних будинків або будівель в зонах лиха в короткі терміни без застосування великої кількості робочої сили.

Принцип будівництва дуже простий: у 3D принтер заливається спеціально підготовлена в'язка бетонна суміш, і потім за рахунок екструзії здійснюється формування шар за шаром заданої конструкції, в процесі чого нижні шари бетону ущільнюються, що надає міцності створюваній конструкції. Робочим залишається тільки вставляти арматуру між стінами для забезпечення жорсткості конструкції, це значно скорочує терміни будівництва, і здешевлює його. Привабливим є можливість часткового використання промислових відходів в якості будівельного матеріалу.

На підставі проведеного аналізу слідє висновок, що 3D друк це перспективна технологія, яка займе провідне місце в будівельній сфері світу.

*Робота виконана під керівництвом доцента Ляпоценко О. О.*

## ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ СУШИЛЬНО-АБСОРБЦІЙНОГО ВІДДІЛЕННЯ ЦЕХУ ВИРОБНИЦТВА СІРЧАНОЇ КИСЛОТИ

*Гончаренко О. М., магістрант; Михайловський Я. Е., доцент*

З моменту виникнення та до теперішнього часу йде постійне зростання потреб людства в продукції хімічних виробництв, і зокрема сірчаної кислоти. Сірчана кислота є одним з основних компонентів при виробництві широкого спектру мінеральних добрив, синтетичних волокон, промислової вибухівки, синтетичних барвників, автомобільних акумуляторів та в багатьох інших галузях народного господарства. Тому зменшення витрат на виробництво сірчаної кислоти та збільшення виробничих потужностей у відповідності до потреб ринку є важливою задачею, вирішення якої дозволить позитивно вплинути на економічний розвиток багатьох галузей людської діяльності.

У якості основних напрямків подальшого удосконалення виробництв сірчаної кислоти можливо виділити наступні: збільшення рівня механізації та автоматизації виробництв сірчаної кислоти; збільшення питомої потужності виробничих ліній з метою здешевлення готової продукції та збільшення об'єму випуску; створення та використання максимально герметичних технологічних ліній з виробництва сірчаної кислоти, з метою зменшення негативного впливу виробництва на оточуюче середовище; створення технологічних ліній, на яких можливе використання різноманітних видів сировини з одночасним отриманням готової продукції високої якості; зменшення питомих витрат енергії при виробництві сірчаної кислоти та матеріалів на виготовлення обладнання за рахунок оптимізації режимних параметрів технологічного процесу та конструкції виробничого обладнання.

Найбільший позитивний ефект від проведення робіт по модернізації та удосконаленню виробництва сірчаної кислоти можливо отримати при використанні комплексних підходів та вибору напрямку і критерію, за яким буде оцінюватись бажаний результат.

Збільшення ефективності вже існуючих виробництв сірчаної кислоти без значних витрат на реконструкцію виробничого обладнання можливо за рахунок оптимізації режимних параметрів протікання технологічного процесу. Тому цей шлях можливо виділити як такий що потребує найменших капітальних витрат.

У якості основного критерію оптимізації, тобто параметру що повинен досягти екстремального значення обирають найбільш актуальні параметри роботи технологічної лінії або окремого обладнання. На даний момент у якості основного критерію оптимізації для виробництва сірчаної кислоти найбільш доцільно обирати економічний критерій, а саме мінімізацію фінансових витрат на проведення процесу виробництва при збереженні якісних показників готової продукції на достатньому рівні. При цьому також необхідно враховувати потребу забезпечити необхідні екологічні, технічні, соціальні та інші умови функціонування виробництва.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ТАРЕЛОК ПРИ РАСЧЕТЕ РЕКТИФИКАЦИОННЫХ КОЛОНН

*Аббас Самих, магистрант; Михайловский Я. Э., доцент*

Понятие об идеальной контактной ступени или теоретической тарелке, характеризующейся тем, что в ходе массообмена взаимодействующие потоки достигают равновесного состояния, вводится, чтобы установить эталон для оценки работы тарельчатой колонны, и широко используется при расчетах массообменных аппаратов. При этом применяются как графические, так и аналитические методы определения числа теоретических тарелок.

Графический расчет числа теоретических тарелок с использованием диаграммы  $y - x$  сводится к построению равновесной и рабочей линий, а затем и ступеней изменения концентраций между этими двумя линиями. В литературе [1, с. 127] этот метод известен как метод Мак Кэба – Тиле.

Графический расчет числа теоретических тарелок в ректификационной колонне может быть также выполнен при помощи энтальпийной диаграммы. При этом учитываются тепловые свойства участвующих в ректификации компонентов, а также изменения потоков флегмы и пара по высоте колонны. В литературе [1, с. 134] этот метод известен как метод Поншона – Савари.

Графические методы расчета достаточно просты и наглядны, однако они обеспечивают относительно невысокую точность расчета, особенно при большом числе теоретических тарелок.

Аналитическое определение числа теоретических тарелок методами “от тарелки к тарелке” предполагает последовательный расчет составов пара и жидкости на тарелках с использованием уравнений равновесной и рабочей линий, материального и теплового балансов для каждого сечения колонны. В литературе потарелочные методы известны как методы Льюиса – Матесона, Тиле – Геддеса и Макинтайра [1, с. 132].

Реализация этих методов для расчета процесса многокомпонентной ректификации является итерационной, требует большого объема вычислений и поэтому связана с использованием достаточно мощных ЭВМ.

В тех случаях, когда для каждой части колонны можно использовать усредненный коэффициент относительной летучести и принять неизменными потоки жидкости и пара по высоте, предпочтение отдается аналитическим методам, в которых связь между всеми параметрами процесса представлена в форме уравнения. Одним из таких методов расчета числа теоретических тарелок является метод Фенске – Андервуда, который особенно эффективен при разделении смесей с низкой относительной летучестью, а также в случае высоких концентраций извлекаемых компонентов [1, с. 137].

### Список литературы

1. Скобло А. И. и др. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии. – М.: ООО “Недра-Бизнесцентр”, 2000. – 677 с.

## СЫРЬЕ И ОБОРУДОВАНИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА

*Багтияров Атаджан, студент; Яхненко С. М., доцент*

Основным материалом при производстве керамического кирпича является глина – пластичный материал. Глина представляет собой горную породу, состоящую преимущественно из глинообразующих минералов – слоистых алюмосиликатов. Они отличаются большим сродством к воде и могут давать в ней тончайшие взвеси вплоть до коллоидных, не меняя своей основы. В техническом аспекте глина – землистая горная порода, способная при затворении водой образовывать пластичное тесто, которое после сушки обладает некоторой прочностью, а после обжига приобретает камнеподобные свойства.

Вещественный состав глины представлен глинистым веществом и примесями. Истинно глинистое вещество – наиболее дисперсная часть породы, оно состоит из комплекса глинообразующих минералов, придающих глине пластичность. Таких минералов сравнительно немного, и они довольно хорошо изучены. Все глинистые минералы обладают типичной слоистой структурой, похожей на структуру слюды. При смешивании глины с водой последняя входит в межслоевые пространства глинистого минерала, и его слои получают возможность сдвигаться один относительно другого по водяной пленке и закрепляться в новом положении. Такая способность минералов объясняет важнейшее свойство глины – ее пластичность.

Так как глина среднепластичная и среднечувствительная к сушке, необходим ввод корректирующих добавок, уменьшающих пластичность, коэффициент усадки и коэффициент чувствительности к сушке. Поскольку глина обеспечивает высокую прочность кирпича, рекомендуется ввод корректирующей добавки – древесных опилок. Древесные опилки продольной резки очень эффективно уменьшают пластичность глины на стадии формования, увеличивают прочность сырца и полуфабриката после сушки, армируя массу своими волокнами, уменьшают коэффициент усадки к сушке, т. к. улучшают влагоотдачу и уменьшают воздушную усадку. В процессе обжига они играют роль выгорающей добавки, тем самым обеспечивают равномерный прогрев изделий по садке и увеличивает пористость готовых изделий. Увеличение пористости уменьшает массу кирпича, увеличивает тепло- и звукоизоляционные свойства и, естественно, несколько уменьшает прочность готовых изделий.

В качестве выгорающей добавки используются древесные опилки. Влажность опила – не более 30%, гранулометрический состав: содержание фракции более 5 мм не допускается; от 1 до 5 мм – 85%; менее 1 мм – 15%.

В качестве отошающей добавки используется шамот (отходы собственного производства, половняк-бой). Влажность шамота – 5-9%. Гранулометрический состав: крупность зёрен от 1 до 5 мм – 85%; менее 1 мм – 15%. Содержание фракций

более 5 мм не допускается. Ввод шамота способствует уменьшению пластичности на стадии формования, уменьшению коэффициента усадки на стадии сушки, и в итоге увеличению прочности изделия.

Кирпич глиняный пластического прессования - наиболее распространённый стеновой керамический материал. Заводы вместе с кирпичом выпускают эффективные и большегабаритные камни, кирпич и камни лицевые. сырьевые материалы подвергают грубому, среднему и мелкому дроблению, грубому и тонкому помолу. Обычно тонким помолом завершается механическое измельчение материалов, что обеспечивает более интенсивное их спекание, содействует снижению температуры обжига. Измельчение глинистых материалов проводят последовательно на вальцах грубого и тонкого измельчения. Наиболее распространены дробилки с гладкими валками, которые применяются для среднего и мелкого дробления пород средней прочности ( $\sigma_{сж}=150$  МПа), с рифлеными и зубчатыми валками, используемые для крупного и среднего дробления хрупких и мягких пород ( $\sigma_{сж} \leq 80$  МПа) и различно оформленным приводом. Зазор между валками устанавливается 3-30 мм.

Для тонкого дробления материалов применяют валки с гладкой поверхностью. Зазор между валками составляет 1- 2 мм. Для обеспечения, кроме раздавливающего воздействия, и истирающего валки вращаются с различной частотой и имеют, как правило, индивидуальный привод. При разной окружной скорости валков с гладкой поверхностью они дробят материал раздавливанием и истиранием, а в дробилках с зубчатыми валками – ударом и изгибом. Так как истирающее воздействие на дробимый материал интенсифицирует износ рабочей поверхности валков в средней части, используются валки со сменными бандажами, изготовленными из закаленного чугуна, углеродистой или марганцовистой стали.

По конструктивному исполнению валковые дробилки бывают одно-, двух- и четырехвалковые. В последнем случае одна пара валков располагается над другой, т.е. четырехвалковая дробилка представляет собой две двухвалковые дробилки, смонтированные в одном корпусе. Указанное сочетание пар валков обеспечивает двухстадийное дробление: грубое – верхней парой, тонкое – нижней. Степень измельчения составляет 16÷20.

Стадию предварительного дробления твердых материалов в керамической технологии производят в щековых или конусных дробилках. Степень измельчения в щековой дробилке 3-10, а конусной – 6-15. Среднее и мелкое дробление, грубый помол непластичных материалов выполняется с помощью бегунов, молотковых дробилок, валковых мельниц. Молотковая дробилка обеспечивает высокую степень измельчения (10-15), однако влажность дробимого материала не должна быть более 15%.

## ДИАГНОСТИКА И ДЕФЕКТОСКОПИЯ В НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Хезиев Аман, студент; Яхненко С. М., доцент*

Диагностика заключается в определении технического состояния диагностируемого объекта и его составных частей путем измерения и контроля количественных и качественных значений диагностических параметров с помощью специальных средств.

Техническая диагностика является составной частью системы технического обслуживания (ТО) и ремонта машин и аппаратов и должна обеспечивать их проведение по фактическому состоянию. ТО проводится с периодичностью, установленной заводами-изготовителями для плановых ТО, а также в случае возникновения неисправности или наступления отказа в процессе эксплуатации аппаратов или машин.

Задачи технического диагностирования машин заключаются в поиске дефектов с установлением причины и места их возникновения, в проверке работоспособности машины в целом или ее узлов; в контроле над качеством ремонта; в сборе и обработке информации о техническом состоянии сборочных единиц машины, а также в принятии решения о возможности дальнейшей эксплуатации машины, в необходимом объеме ТО и ремонта.

Техническая диагностика по объему и характеру информации о неисправности объекта диагностирования подразделяется на два основных вида: общее и углубленное диагностирование.

При проведении технического диагностирования играют методы проведения контроля. Наиболее предпочтительны методы неразрушающего контроля, которые являются основными элементами технической диагностики.

В зависимости от поставленной задачи дефектоскопии используются следующие методы контроля:

- ультразвуковой метод контроля кольцевых сварных швов на наличие газовых и шлаковых включений, пор, непроваров, продольных трещин;
- вихретоковый метод контроля основного тела трубы на наличие поверхностных и подповерхностных дефектов (трещин, раковин, пор, расслоений, стресс коррозионных зон);
- акустико-эмиссионный метод контроля применяется для обнаружения дефектов в сосудах и резервуарах под давлением, в магистральных трубопроводах, нефтехранилищах;
- тепловой контроль (тепловизоры, пирометры) корпусов теплообменного оборудования.

Также широко применяются и капиллярные методы контроля (люминесцентные, люминесцентно-цветные и др.)



# TECHNOLOGY DEVELOPMENT OF OBTAINING HIGH CONCENTRATION AMMONIA WATER AND LIQUID MULTIPLE-NUTRIENT FERTILIZERS ON ITS BASIS

*Ilchenko A. O., master of sciences*

Decreasing of the crop productivity and falling-off in agricultural production make farmers in Ukraine look for a solution from the critical situation. The main factor of increasing productivity and effective land use is applying organic and mineral manure. The use of organic fertilizers is complicated by a sharp reduction in the number of livestock, and thus the number of organics as well.

Farmers don't have enough money to stock up with mineral fertilizers. According to the world experience, using liquid fertilizers is the most technologically and economically advantageous. They provide drastic fertilizer loss reduction, full mechanization of handling operations, high uniform soil fertilization and labor costs reduction.

Taking into consideration difficult economic conditions in Ukraine production engineering of ammonia water and liquid multiple-nutrient fertilizers have become more important. There is a need to put together devices using block-modular method and it enables to transport the equipment to a place of destination. It offers an opportunity for agrarian partnerships to rise to a new level and unite into associations for co-production and management of their own small manufacture producing liquid fertilizers as in the USA.

There are the following research tasks we need to complete to create an advanced technology of liquid fertilizer production: to analyze physical and chemical properties of ammonia, its aqueous solution and complex chemical compounds; to analyze basic methods of obtaining liquid fertilizers; to develop the technology of obtaining ammonia water and liquid multiple-nutrient fertilizers based on high-nitrogen ammonia water.

The research has shown the following results: dependence of phase equilibrium of the studied gas-liquid systems according to the Henry's law, upon which the optimal conditions of obtaining ammonia water with concentration of 25 or 34 percent and above were selected; the shortcomings of traditional obtaining of liquid nitrogen fertilizers were identified; advanced technology of intensive nitrogenation and mineralization of liquid fertilizers was developed.

The obtained research results are source information for performing of numerical static and dynamic modeling of chemical and technological process based on the software package for thermodynamic modeling that enables to define technological parameter sand to make prior selection of the equipment.

*The present work has been carried out under the guidance of Assoc. Prof. Liaposhchenko O. O., and senior lecturer Skydanenko M. S.*

## ВИРОБНИЦТВО АМІАЧНОЇ ВОДИ ТА РІДКИХ АЗОТНИХ ДОБРИВ

*Варуха Д. О., студент*

У сучасних ринкових умовах низький рівень урожайності в рослинництві за високої собівартості продукції призводить до збитковості сільськогосподарських підприємств. Найефективніший шлях підвищення врожайності сільгоспкультур — внесення мінеральних добрив. Про те через різке підвищення цін на газ ціна на мінеральні добрива, першою чергою азотні, значно зросла. Що, звичайно, призводить до підвищення собівартості продукції.

У той самий час хімічна промисловість пропонує низку рідких азотних добрив, найпоширенішим із яких є аміачна вода. Виробництво аміачної води, порівняно з виробництвом твердих добрив, обходиться на 30–40% дешевше, оскільки відпадають такі технологічні операції, як гранулювання, сушіння, сортування, кондиціонування продукту. Вартість одиниці діючої речовини в аміачній воді в 1,5–2 рази дешевша, ніж в аміачній селітрі. Як показали виробничі досліді, вдвічі-втричі скорочуються затрати праці на внесення аміачної води, оскільки не потрібно готувати добрива для внесення, а всі операції із використання (навантаження, вивантаження, внесення) повністю механізовані. Аміачна вода  $\text{NH}_4\text{OH}$  являє собою 25% розчин аміаку в воді, яку можна використовувати для будь-яких ґрунтів та всіх культур за обов'язкового загортання в ґрунт на глибину 10–15 см, сильно зв'язується ґрунтом, за внесення восени не вимивається атмосферними опадами. Азот аміачної води краще утримується ґрунтом, в порівнянні з амонійним азотом в твердих добривах. Аміачну воду можна застосовувати і за основного обробітку ґрунту, за передпосівної культивуації і для підживлення просапних культур.

В США вносять до 50% рідких азотних добрив. В Україні лише близько 15% господарств застосовують аміачну воду. Ця цифра зумовлена браком техніки та обладнання для зберігання, транспортування та внесення її у ґрунт. Саме тому, актуальним на даний час є покращення та розробка більш прогресивних способів виробництва аміачної води та рідких азотних добрив з використанням мобільних установок в радіусі 20–30 км від сільськогосподарських угідь. Важливою перевагою даного способу є можливість використання мобільних установок одразу декількома сільськогосподарськими підприємствами, які розміщуються на межі сільськогосподарських угідь даних підприємств. Це дає можливість мінімізувати витрати в порівнянні з побудовою окремого заводу для виробництва добрив, а також є швидким з економічної точки зору, доставки добрива із складської ємності насосом та розпилення на сільськогосподарських угіддях.

На підставі аналізу наукових джерел та патентів було розроблено новий спосіб виробництва аміачної води концентрацією не менше 25% та

рідких азотних добрив. Нові досягнення були отримані завдяки проведенню ряду змін у порівнянні з відомими способами. Згідно з розрахунком по стехіометричному рівнянню було отримано, що на утворення 1 моля нітрат амонію з реакції нейтралізації азотної кислоти утворюється теплоти в кількості 144,9 кДж/моль, а при нейтралізації фосфорної кислоти з утворенням діамонійфосфат – 1647 кДж/моль, при випаровуванні аміаку в об'ємі реактора поглинається теплота в кількості 23,3 кДж/моль. Отже процес нейтралізації фосфорної кислоти вимагає додаткового охолодження.

Проаналізувавши способи оптимізації процесу прийшли до рішення, що для повного використання кислоти, зменшення часу реакції та відведення надлишку тепла, в якості апарату для нейтралізації кислот застосувати газорідинний реактор змієвидного типу. Це дозволить турбулізувати потік, що підвищить інтенсивність та ефективність процесу теплообміну, масообміну (нейтралізації кислот). Встановлення більш технологічних масообмінних пристроїв як насадкових так і з хвилястими тарілками та встановлення додаткового охолоджувального обладнання в колону з хвилястими тарілками. Було досягнуто: інтенсифікація процесу абсорбційного поглинання аміаку, підвищення питомої продуктивності установки. Установка (див. рис.) дозволяє одночасно отримувати концентровану аміачну воду 25% та рідкі азотні добрива, такі як нітрат амонію концентрацією 63,88% та діамонійфосфат концентрацією 36% та вмістом аміаку 16%.

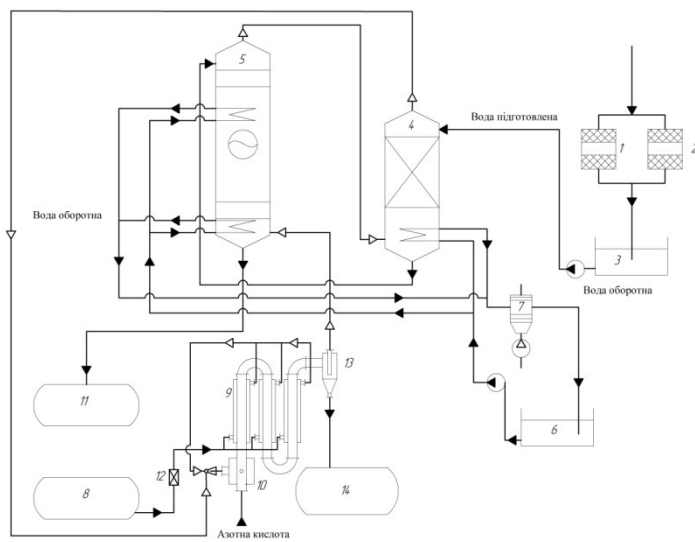


Рисунок – Схема виробництва аміачної води та азотних рідких добрив

*Робота виконана під керівництвом ст. викладача Скиданенка М. С. та доцента Михайловського Я. Е.*

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОЗДІЛЕННЯ ВОДОНАФТОВОЇ ЕМУЛЬСІЇ CFD-МЕТОДАМИ

*Старинський О. Є., магістрант; Дем'яненко М. М., магістрант;  
Настенко О. В., асистент; Павленко І. В., доцент*

Перед транспортуванням видобутої зі свердловини нафти, її піддають первинній комплексній підготовці, яка включає в себе дегазацію, знесолення, зневоднення та очищення від механічних домішок. Стадія первинної підготовки проводиться з застосуванням багатофункціональних блочних установок підготовки нафти (УПН), які замінили комплекси високовартісного обладнання. УПН об'єднують процеси нагрівання, сепарації, зневоднення та очищення в одному апараті типу "Heater-Treater". Продуктивність та розміри підігрівача-деемультатора головним чином обумовлені швидкістю розділення та дегазації стійкої водонафтової емульсії, а отже інтенсифікація цих процесів представляється актуальною задачею.

Швидкість розділення водонафтової емульсії у підігрівачі-деемультаторі визначається швидкістю осадження/спливання дисперсних часток. Для ефективного розділення емульсії у сепараторі рекомендується дотримуватись ламінарного режиму течії, а саме значення лінійної швидкості руху емульсії в deemультаторі не повинно перевищувати більше ніж в два рази швидкість стоксового осадження, тобто збільшення швидкості осадження краплин води прямопропорційно впливає на збільшення лінійної швидкості руху. Для прискорення процесу сепарації у апараті встановлені пакети листових та пластинчатих насадок, проходячи через які, водонафтова емульсія розділяється за рахунок осадження, співосадження та коагуляції високодисперсних краплин.

Отже, для інтенсифікації процесу розділення водонафтової емульсії необхідно проаналізувати процес осадження і чисельно оцінити в яких межах можна збільшити лінійну швидкість руху фаз в апараті, виключивши режими, що характеризуються вторинним винесенням краплин. CFD-методи дозволяють провести моделювання процесу розділення водонафтової емульсії та визначити швидкості осадження. Найбільший інтерес для дослідження потоку емульсії представляють пакети насадок, що являють собою жалюзійні блоки з утворенням сукупності криволінійних каналів, відстань між стінками яких порівняно мала, тому для зменшення скінченно-об'ємної розрахункової сітки пропонується використовувати модель пористого середовища замість традиційних моделей (Ейлеровська модель багатокомпонентного потоку). При моделювання течії водонафтової емульсії за допомогою моделі пористого середовища потрібно визначити коефіцієнти гідравлічного опору окремо для кожного типу насадок, оскільки вони утворюють різні криволінійні канали. Коефіцієнти можливо визначити провівши фізичний експеримент з використанням ідентичних пакетів насадок.

*Робота виконана під керівництвом доцента Ляпоценко О. О.*

## РОЗРОБКА ОБ'ЄМНО-ТРУБЧАСТОГО РЕАКТОРА З ТУРБОЕЖЕКЦІЙНИМ ПЕРЕМІШУЮЧИМ ПРИСТРОЄМ ДЛЯ ОТРИМАННЯ АМІАЧНОЇ ВОДИ ВИСОКОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ

*Люшинченко М. П., студентка; Старинський О. Є., магістрант;  
Скиданенко М. С., ст. викладач; Стороженко В. Я., професор*

Виробництво рідких азотних добрив, зокрема, аміачної води, в порівнянні з виробництвом твердих азотних добрив обходиться на 30-40% дешевше, оскільки відпадає необхідність в таких енергоємних технологічних операціях, як гранулювання, сушіння, сортування, кондиціонування продукту. Відомо, що основні методи приготування водного розчину аміаку (аміачної води) засновані на абсорбційному поглинанні газоподібного аміаку водою.

Так, в промисловості водний розчин аміаку отримують абсорбцією синтетичного аміаку хімічно знесоленою водою. розчин аміаку відомий під назвою нашатирний спирт, що широко застосовується в медицині. При цьому традиційно в промислових умовах отримують водні розчини технічного аміаку концентраціями 10% та 25% (мас.). Ефективність абсорбційного поглинання аміаку водою суттєво залежить від температури, що пов'язано зі зменшенням розчинності із зростанням температури, в той же час, розчинність аміаку у воді зростає з підвищенням тиску. У відповідності до закону Генрі витікає, що теоретично стабільну аміачну воду з концентрацією аміаку 34% (мас.) і вище можна отримати тільки при температурах нижче 10 °С, а при 20-22 °С можна отримати максимальну концентрацію близько 30%. Зберігати розчини такої концентрації слід при тиску (абсолютному) не нижче 0,2 МПа, чим і обумовлена концентрація аміачної води (25% мас.), що випускається азотною промисловістю, оскільки вона залишається стабільною навіть при 32 °С.

Для отримання більш концентрованих водних розчинів запропоновано безперервний спосіб отримання аміачної води високої концентрації (масова доля аміаку 45-50%, в перерахунку на азот не менше 32%), заснований на двоступінчатому розчиненні аміаку і насиченні розчину, причому на другому ступені газоподібний аміак з першого ступеня розчиняють в початковій воді в ізотермічних умовах, а на першому ступені зріджений або частково випарований аміак розчиняють в адіабатичних умовах в аміачній воді, що поступає з другий ступінь). Апаратне оформлення процесу випаровування зрідженого аміаку та його абсорбційного поглинання водою з поступевим відведенням тепла реакції розчинення аміаку пропонується виконати у вигляді комбінованого багатофункціонального об'ємно-трубчастого реактора з турбоежекційним перемішувачем та вбудованими теплообмінними секціями, а конструкція апарату дозволяє реалізувати як прототечію так і протитечію схему руху потоків.

*Робота виконана під керівництвом доцента Ляпоценко О. О.*

# ВИХРОВИЙ ЗВАЖЕНИЙ ШАР В УМОВАХ СТИСНЕНОГО РУХУ ГРАНУЛ: ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ТА ОСНОВНІ РЕЖИМИ РОБОТИ

*Кремнев О. В., магістрант; Ведмедера В. С., магістрант*

Обертвий (закручений) рух потокам у вихрових апаратах надається за допомогою направляючих елементів, які можуть мати різне конструктивне виконання [1]. Завихрювачі, які застосовуються в сучасних тепломасообмінних апаратах, дозволяють надати газовому потоку колово складову швидкості, а також формувати часткову закрутку.

Закрутка газового потоку може бути здійснена за рахунок наступних конструктивних рішень [2]:

- вплив на газовий потік в місці входу газового потоку в апарат (лопатові завихрювачі, одночасне застосування декількох завихрювачів, тангенційний вхід газового потоку через один або декілька патрубків);

- вплив на газовий потік по довжині його робочого простору апарату (стрічкові та шнекові завихрювачі, тангенційне введення газового потоку в декількох місцях по висоті апарату);

Аналіз траєкторії руху гранул (середній вміст дисперсної фази у двофазній системі  $\psi=0,15$ ) та епюр складових швидкості руху газового потоку для кожного з газорозподільних пристроїв, які були розглянуті, дозволив визначити особливості їх роботи та рекомендувати кожен з типів пристрою для певних умов застосування.

Розглянуті конструкції газорозподільних пристроїв добре себе зарекомендували для апаратів малої потужності з  $\psi$  до 0,3. Для більших потужностей і більшого відносного вмісту дисперсної фази необхідним є застосування газорозподільних пристроїв інших типів.

## Список літератури

1. Артюхов А. Е. Высокоэффективные вихревые аппараты в малотоннажных производствах гранулированных продуктов // А. Е. Артюхов, В. И. Склабинский // Химические реактивы, реагенты и процессы малотоннажной химии: тезисы докладов XX Международной научно-технической конференции. - Минск, Институт химии новых материалов НАН Белоруси, 2007. - С. 91.

2. Artyukhov A. E. Vortical type granulators in the chemical industry /A. E. Artyukhov, L. P. Yarmak // Матеріали науково-теоретичної конференції викладачів, аспірантів, співробітників та студентів гуманітарного факультету: 20-25 квітня 2006 р. - Суми: СумДУ, 2006. -Ч. 2. - Р. 32-33.

*Робота виконана під керівництвом доцента Артюхова А. Є.*

# КІНЕТИКА ГРАНУЛЮВАННЯ ОРГАНІЧНИХ СУСПЕНЗІЙ В АПАРАТАХ З АКТИВНОЮ ГІДРОДИНАМІКОЮ ПОТОКІВ

*Шевець С. П., магістрант*

На сьогоднішній день аграрна промисловість України перебуває у стані занепаду. Україна, як країна-експортер аграрної продукції, швидко втрачає свої позиції на світовому ринку. Причиною цього є значне погіршення родючості ґрунтів, їх забрудненість, а також невідповідність якості продукції міжнародним стандартам. Тоді як у країнах ЄС протягом останнього десятиріччя спостерігається стрімке розгортання програм спрямованих на підвищення безпечності продукції та перехід від інтенсивного землеробства до органічного.

Найбільш популярним методом підвищення врожайності є застосування добрив. Частіше за все використовуються мінеральні азотні добрива, які мають ряд численних недоліків: підвищену вимиваемість з орного шару внаслідок високої розчинності, що призводить до забруднення підземних вод та накопичення в продуктах небезпечних нітратів; мінеральні солі руйнують структуру гумусу – основного компоненту, що відповідає за родючість ґрунту, роблячи його щільним, недоступним для вологи та повітря, погіршуючи умови існування ґрунтових мікроорганізмів. Єдиним відомим на сьогодні способом відновлення гумусу в ґрунті є внесення органіки.

Вирішити зазначені проблеми можна шляхом розробки технологій виробництва добрив на органічній основі. Із огляду на специфічні властивості суспензії курячого посліду для грануляції (капсулювання) добрив доцільно використовувати апарати киплячого шару з форсунковим розпиленням суспензії.

Важливою задачею є визначення оптимальних температурних режимів процесу. Експериментально доведено, що при температурі в шарі гранул в межах 40-50°C крапля прикріплюється до гранули збоку та не розтікається по поверхні, форма наросту відповідає формі краплі. При температурі 60-65°C крапля розтікалася по всій поверхні, утворюючи тверду рівномірну оболонку, а при 70-80°C відбувається утворення нових центрів грануляції зі сколів поверхні гранули. Подальше підвищення температури в шарі гранул призводить до кристалізації крапель в повітрі до їх контакту з гранулою.

За результатами експерименту отримали гістограми розподілу гранул за фракціями та знімки зрізів, проаналізувавши які зробили висновок, що робочим режимом капсулювання є оболонковий (з температурою в шарі 65°C), а для проведення грануляції суспензій курячого посліду робочою є температура в шарі 70°C. Бо за такої температури на ряду з основним процесом відбувається утворення нових центрів грануляції, що є головною вимогою і забезпечує безперервність ведення процесу.

*Роботу виконано під керівництвом ст. викладача Остроги Р. О.*

## АПАРАТУРНЕ ОФОРМЛЕННЯ ПРОЦЕСУ КАПСУЛЮВАННЯ ГРАНУЛЬОВАНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

*Артюхова Н. Р., студентка*

Одним з перспективних способів вдосконалення властивостей різних матеріалів є модифікування вихідних речовин шляхом нанесення на їх поверхню захисної оболонки. Таке покриття змінює фізичні і хімічні властивості речовин, покращує їх якість, розширює функціональні можливості, дозволяючи оптимізувати експлуатаційні характеристики.

Основною метою капсулювання мінеральних добрив є забезпечення сповільненої динаміки вивільнення цільових компонентів, що збільшує коефіцієнт використання одержуваного продукту.

На сьогоднішній день розроблено різні типи оболонок і методи їх нанесення. Однак, у більшості випадків, отримання якісних захисних оболонок вимагає використання дорогих полімерних покриттів.

Великий практичний інтерес представляють методи поліпшення якості добрив, які істотно не ускладнюють технологічний процес їх виробництва і не вимагають використання дефіцитних і дорогих реагентів. У той же час в країнах ЄС та у світі в цілому стрімко поширюється органічне виробництво – цілісна система господарювання та виробництва харчових продуктів. Ця система, перш за все, враховує збереження навколишнього середовища, рівень біологічного різноманіття, збереження природних ресурсів, застосування високих стандартів і методів виробництва добрив. Саме тому використання в якості капсульної оболонки органічних відходів є дуже актуальним, оскільки вирішує питання отримання добрива пролонгованої дії і одночасно проблему утилізації органічних відходів.

Отримання гранульованого продукту у зваженому шарі використовується всесвітньо відомими виробниками добрив і фармацевтичної продукції: Urea Casale SA (Швейцарія), Kahl Group (Німеччина), Stamicarbon (Нідерланди), Toyo Engineering Corporation (Японія), Changzhou Xianfeng Drying Equipment Company Ltd (Китай), Glatt (Німеччина), Uhde Fertilizer Technology (Нідерланди) та ін.

До недоліків апаратів зваженого шару можна віднести: різний час перебування частинок в апараті, повернення дрібних фракцій в якості ретурна в обмежену зону псевдозрідження.

Аналіз різних типів обладнання зі зваженим шаром для гранулювання в хімічній, харчовій та фармацевтичній галузях промисловості показав гостру необхідність у новій організації взаємного руху потоків, яка підвищить ступінь монодисперсності готового продукту. Тому для усунення зазначених вище недоліків процес покриття гранул органічної оболонкою пропонується проводити в поличному багатоступеневому апараті зваженого шару.

*Роботу виконано під керівництвом ст. викладача Остроги Р. О.*



## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОЦЕСС ГЛИКОЛЕВОЙ ОСУШКИ ГАЗА

*Оладеле Абайоми Темидайо, магистрант*

Процесс гликолевой осушки известен уже многие годы, но по-прежнему, совместно с механической сепарацией капельной жидкости из газового потока, остается основным технологическим инструментом подготовки природного газа и попутного нефтяного газа к транспорту и дальнейшей переработке. Осушка газа является по сути первой технологией в любой из технологических цепочек на его пути от газовой скважины до конечного потребителя.

Природный газ поступает из скважины на установку подготовки газа, будучи насыщенным парами воды. Процесс гликолевой осушки заключается в абсорбции этих паров концентрированными гликолями, которые циркулируют в установке осушки, подвергаясь при этом тепловой регенерации для освобождения от выделенной из газа воды и восстановления своей абсорбционной способности.

Давление процесса является основным фактором, определяющим металлоемкость абсорбера, удельный расход осушителя, подаваемого в абсорбер, расход энергии на работу циркуляционного насоса и т.д. Со снижением давления увеличивается равновесная влагоемкость газа. Как правило, установки абсорбционной осушки газа проектируются на рабочее давление газа 7,4 МПа.

Температура процесса осушки газа – один из основных факторов, определяющих технико-экономические показатели процесса абсорбционной осушки газа. Чем ниже температура газа, при прочих равных условиях, тем меньше его равновесная влагоемкость. Следовательно, для извлечения влаги из газа требуется меньший удельный расход циркулирующего абсорбента. Это, в свою очередь, оказывает существенное влияние на металло- и энергоемкость блока регенерации установок осушки газа. Со снижением температуры уменьшаются и потери гликоля с осушенным газом.

Показатели процесса осушки газа в значительной степени зависят также от качественных показателей (содержание в абсорбенте основного вещества, вязкости раствора, гигроскопичности и т.п.) и удельного расхода осушителя. Качественные показатели являются основными факторами, которые определяют точку росы газа на выходе абсорбера.

Увеличением числа тарелок в абсорбере можно достигнуть более глубокой степени осушки, а также оказать такое влияние, как повышение количества циркулирующего гликоля, поскольку в этом случае фактическая точка росы газа стремится к равновесной точке росы при контактировании с абсорбентом на самой верхней тарелке.

*Работу выполнено под руководством ст. преподавателя Остроги Р. А.*

# ДОСЛІДЖЕННЯ ДВОШАРОВИХ ГРАНУЛ ЩО ОДЕРЖАНІ В ВИХРОВИХ АПАРАТАХ ЗВАЖЕНОГО ШАРУ

*Іванія А. В., аспірант*

Створення добрив пролонгованої дії є актуальним питанням нашого часу. Пролонгована дія добрив полягає у поступовому та поетапному вивільненні поживних речовин. Такі характеристики мають багатошарові гранули. Перспективним є метод їх отримання в апаратах псевдозрідженого шару вихрового типу [1].

Проведений експеримент та отримані двошарові гранули – вихідна гранула аміачної селітри покрита тонким шаром карбаміду. На рис. 1 зображена поверхня вихідної гранули (аміачна селітра). На та рис. 2 зображена поверхня двошарової гранули (гранула аміачної селітри що покрита шаром карбаміду).

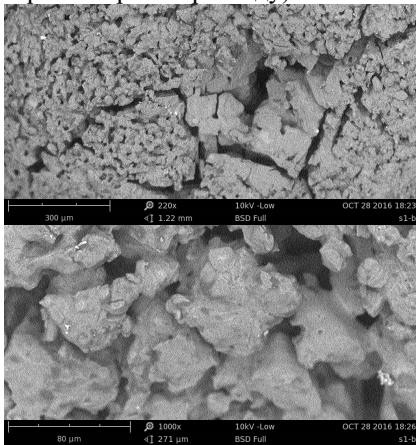


Рисунок 1 – Вихідна гранула аміачної селітри

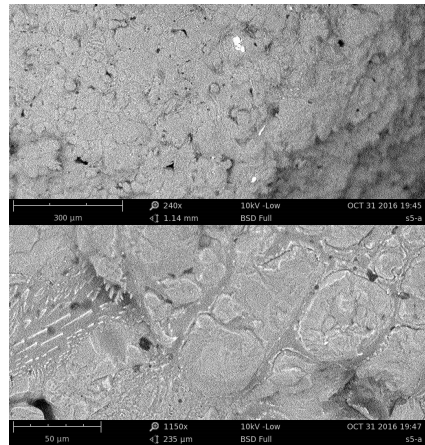


Рисунок 2 – Гранула аміачної селітри що покрита шаром карбаміду

Двошарові гранули що одержані в вихровому апараті зваженого шару мають сферичну форму, а зовнішній шар карбаміду є суцільним та рівномірним. Це доводить доцільність використання даного виду обладнання для одержання багатошарових гранул.

## Список літератури

1. Іванія, А. В. Отримання багатошарових гранул у вихрових грануляторах / А. В. Іванія, А. Є. Артюхов // Освіта, наука та виробництво: розвиток та перспективи: матеріали I Всеукраїнської науково-методичної конференції (м. Шостка, 21 квітня 2016 р.). – Суми: Сумський державний університет, 2016. – С. 34.

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СОСТАВА РАСПЛАВОВ АЗОТНЫХ И КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ

*Кононенко Н. П., ст. науч. сотрудник*

В настоящее время сельское хозяйство требует от производителей минеральных удобрений расширения их ассортимента, как на основе известных марок, так и выпуск сложных сбалансированных туков. Производство таких удобрений сталкивается с трудностями получения гомогенной суспензии и стабильности ее химического состава, поступающей на стадию грануляции. Применение в этих производствах традиционных фильтров нецелесообразно, вследствие нарушения химического состава гранулируемой смеси. Известные фильтры - измельчители частиц твердой фазы, которые находятся в расплавах азотных и комплексных удобрений непрерывного действия также имеют недостаточную эффективность процессов разделения (сепарации) расплава и шлама, измельчения шлама и фильтрации расплава.

Разработанный в Сумском государственном университете фильтр - измельчитель частиц твердой фазы находящейся в расплавах азотных и комплексных удобрений, вследствие особенностей его конструкции, позволяет улучшить нагнетания расплава в камеру дробления и фильтрации, повысить эффективность процессов центробежного разделения расплава и шлама, увеличить площадь фильтрации расплава, что обеспечивает интенсификацию процессов измельчения и фильтрации и в целом повышает эффективность его работы. Тангенциальное расположение штуцера ввода суспензии и создание в фильтре вихревых потоков жидкой фазы повышает интенсивность процесса измельчения частиц шлама и предотвращает вероятность кристаллизации вещества в нем. Наличие в фильтре системы для перелива расплава в случае забивки фильтрующих элементов, верхней и нижней составляющих корпуса, с возможностью их простого и быстрого разъединения, штуцеров для промывки фильтрующего элемента и самого фильтра - измельчителя, позволяет значительно упростить обслуживание фильтра и сократить время регенерации фильтрующих элементов.

Фильтр - измельчитель частиц прошел испытания в условиях производства аммиачной селитры с добавками на агрегате АС-67 ОАО «Азот» (г. Черкассы). Испытания проводились, как на чистом расплаве аммиачной селитры, так и на расплаве аммиачной селитры с порошкообразной добавкой в количестве до 20 % масс. Качество работы фильтра контролировалось лабораторией. Время работы фильтра между чистками составляло не менее 300 часов на чистом расплаве аммиачной селитры и 150-250 часов на расплаве аммиачной селитры с порошкообразной добавкой, против 25-30 часов и 3-5 часов работы кассетного фильтра на чистом расплаве аммиачной селитры и расплаве аммиачной селитры с порошкообразной добавкой соответственно.

## ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ АЗОТНИХ ТА КОМПЛЕКСНИХ ДОБРИВ

*Кононенко М. П., ст. наук. співробітник*

Поліпшення споживчих властивостей мінеральних добрив на основі аміачної селітри та карбаміду до рівня світових вимог по якості - є важливим завданням підприємств-виробників мінеральних добрив. Одним з шляхів в цьому напрямку є отримання продукту марки «гран» з розміром гранул 3-5 мм та міцністю понад 1,8 кілограм на гранулу, введення до складу часток різноманітних домішок. Однак, існуючі виробництва та грануляційне обладнання, які пристосовані для отримання продукту марки «прилл», не здатні забезпечити виконання цих вимог.

Виробництво продукту марки «гран» теж характеризується значними втратами продукту з пилом, його налипанням на робочі поверхні обладнання, значним зносом обладнання для диспергування при використанні домішок.

Найбільш раціональним напрямком підвищення якості продукції та розширення її асортименту, для існуючих виробництв добрив, є спосіб, при якому розплав добрива розділяють на дві частини, одна з яких використовується для отримання часток розміром 0,1-0,5 мм, а інша – для розпилення в апаратах обкатування на шар мілко дисперсних часток, що отримані з першої частини розплаву.

В ході проведення науково-дослідних та дослідно-промислових випробувань на тарілчастому грануляторі було відмічено:

- найбільш доцільно вести процес гранулювання близьким до умов авто термічного режиму. Це дозволяє значно зменшити витрати енергії при виробництві гранульованих добрив та втрати продукції з пилом;

- температуру шару грануляту в апараті обкатування необхідно мати близько 0,7 температури плавлення продукту. За цих умов поліпшується процес грануло утворення. Зменшення температури процесу призводить до отримання менш міцних гранул, які не мають шароподібної форми. Збільшення температури шару грануляту в апараті обкатування призводить до комкуванню часток в апараті та зриву процесу грануло утворення в цілому;

- при введенні різноманітних порошкоподібних домішок до шару грануляту в апараті обкатування можливо отримувати комплексні добрива на основі карбаміду або аміачної селітри. При цьому, введення домішок не впливає на фізико-хімічні властивості розплаву, який подається на стадію диспергування.

Організація виробництва азотних та комплексних добрив на їх основі за такою комбінованою схемою дозволить задіяти існуючі потужності по отриманню розплаву цих добрив, значно зменшити розміри грануляційних башт, а значить і капітальні витрати на їх спорудження, отримувати продукт марки «гран».

## ПРИРОДООХРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ УДОБРЕНИЙ

*Якушко С.И., доцент*

Начало 21 века ознаменовалось коренным пересмотром взглядов на окружающий мир. Сейчас большинство технологий, созданных человечеством, наносят значительный вред окружающей природе. Фактически мы построили технологии, которые не отражают полноту природы, и поэтому возник антагонизм между построенной нами техносферой и природой.

В настоящее время речь должна идти о создании принципиально новых природоподобных технологий, которые не наносят урон окружающему миру, а существуют с ним в гармонии и позволяют восстановить нарушенный человеком баланс между биосферой и техносферой. И этот процесс уже начался. Первым этапом можно считать создание безотходных технологий, что и свойственно живой природе: действительно, отходы начали появляться только в результате человеческой деятельности. Мы должны создать природоподобный технологический уклад, то есть вернуть технологии внутрь замкнутого ресурсооборота природы.

К сожалению, в рыночной экономике природоподобные технологии не воспринимаются как рентабельные, и таким образом не представляют интерес. Хотя есть немало примеров, доказывающих обратное. Взять хотя бы создание гранулированных удобрений на органической основе, разработкой которых занимается кафедра ПОХНВ. Это новый вид удобрений, которые объединяют в себе достоинства как органических, так и минеральных удобрений. Эти удобрения вносятся внутрпочвенно как и минеральные, при этом они имеют пролонгированный выход питательных веществ, что выгодно отличает их от минеральных. Можно сказать, что эти удобрения специально созданы для выращивания экологически чистых продуктов питания. Таким образом, отчасти бессмысленно спорить о качестве продуктов, получаемых в органическом земледелии, сравнивать их со свойствами индустриальной пищи. Бессмысленно потому, что органические продукты создаются так, что основной ресурс – земля и плодородие земли сохраняется или даже наращивается, в то время как индустриальная еда на свое производство расходует ресурсы плодородия.

Создание гранулированных удобрений на органической основе – первый шаг в коренном изменении сельскохозяйственного производства с переводом его на органическое земледелие. Его суть состоит в том, что это площадка опробования тех самых природоподобных технологий. В отличие от индустриального сельского хозяйства, органическое земледелие является природоподобным. А выращенная таким образом продукция является единственным способом питания натуральными не загрязненными химикатами продуктами.

## ВПЛИВ РЕЖИМУ ОБРОБКИ СИЛУМІНІВ НА МОРФОЛОГІЮ КОБАЛЬТОВМІСНИХ ПЕО-ПОКРИВІВ

*Каракуркчі Г. В., нач. НДЛ;  
Сахненко М. Д., зав. кафедри фізичної хімії;  
Ведь М. В., професор, НТУ «ХПІ», м. Харків*

Плазмово-електролітичне оксидування (ПЕО) є ефективним способом підвищення функціональних властивостей робочих поверхонь деталей, що працюють в умовах значних теплових та механічних навантажень, зокрема із силумінів, які широко використовуються в автомобільній промисловості та двигунобудуванні.

Оксидування силумінів типу АК12М2МгН проводили у пірофосфатних електролітах на основі кобальту сульфату, рН 10,5...11,5. з використанням джерела постійного струму та електрохімічної ванни з примусовим перемішуванням електроліту та його охолодженням до температури 20...30°C. Густина струму формовки складала 2...8 А/дм<sup>2</sup>, час обробки – 10...60 хв. Підготовка поверхні зразків включала механічну обробку, знежирення, травлення та достатню кількість промивань холодною водою. Стадії ПЕО контролювали візуально та фіксували за показниками приладів. Морфологію поверхні оксидних покриттів досліджували за допомогою сканівного електронного мікроскопу ZEISS EVO 40XVP. Хімічний склад визначали з використанням енергодисперсійного спектрометра INCA Energy.

За результатами проведених досліджень встановлено, що із пірофосфатних електролітів на основі сульфату кобальту в ПЕО-режимі формуються рівномірні оксидні композиційні покриття характерного фіолетового кольору внаслідок включення до складу поверхневих шарів нестехіометричних оксидів кобальту.

Інкorporація кобальту візуалізується появою острівкових сферодіних утворень на поверхні оброблюваного матеріалу (рис. а). Напруга іскріння  $U_i$ , за якої досягається початкова стадія інкorporації допанту становить 110..125 В. Стабільно процес оксидування перебігає за напруги  $U_\phi$  до 160 В (мікродуговий режим). За цих умов змішані оксиди кобальту і алюмінію рівномірно вкривають всю поверхню оброблюваних зразків (рис. б), а вміст кобальту в поверхневих шарах досягає 25 ат.% [1]. При напрузі вищій за 160 В режим обробки

переходить у дуговий, що зумовлює різке погіршення якості оксидного покриття.

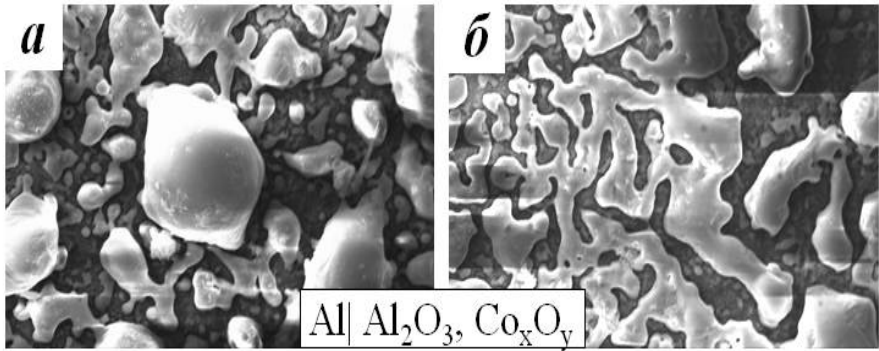


Рисунок – Морфологія поверхні оксидних покриттів на силуміні

Встановлено, що оптимальними параметрами ПЕО силумінів є початкова густина струму обробки  $5 \text{ А/дм}^2$  з наступним зниженням до  $3 \text{ А/дм}^2$  при переході на режим іскріння.

Синтезовані керамікоподібні кобальтовмісні оксидні системи володіють високими каталітичними властивостями та можуть ефективно використовуватись у внутрішньо циліндровому каталізі для зниження токсичності газових викидів та підвищення паливної економічності ДВЗ [2].

#### Список літератури

1. Сахненко М. Д. та ін. Особливості одержання металоксидних каталітичних систем плазово-електролітичним оксидуванням алюмінію та титану в пірофосфатних електролітах // Вісник НТУ “ХПІ”. – 2016. – №22 (1194). – С. 171-176.

2. Каракуркчі Г. В. та ін. Підходи щодо підвищення паливної економічності двигунів внутрішнього згорання бронетанкового озброєння та автомобільної техніки // Системи озброєння та військова техніка. – 2016. – 2 (46). – С. 26-31.

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ ИСПАРЕНИЕМ В ПОТОК НЕЙТРАЛЬНОГО ГАЗА

*Романько С. Н., аспирант; Лукашев В. К., профессор,  
Шосткинский институт СумГУ, г. Шостка*

Наиболее распространенный способ концентрирования серной кислоты заключается в барботировании высокотемпературных (600-1000°C) топочных газов через слой кислоты. Эти газы служат теплоносителем для нагревания кислоты и выпаривания воды, а также одновременно являются дополнительным компонентом парогазовой смеси, подобно перегонке с инертным газом [1].

Процесс концентрирования серной кислоты в присутствии нейтрального (инертного) по отношению к компонентам кислоты газа можно организовать следующим образом: нагревание кислоты осуществлять через стенку аппарата отдельным теплоносителем, а через кислоту (или над ее поверхностью) пропускать нейтральный газ, например воздух. Такой вариант позволяет проводить концентрирование при атмосферном давлении и температуре ниже температуры кипения кислоты, что дает возможность использовать низкотемпературные (100-200°C) теплоносители (водяной пар, электронагрев).

Для указанного случая была разработана математическая модель, описывающая процесс концентрирования, которая включает два экспериментально определяемых параметра: скорость испарения кислоты и коэффициент массоотдачи воды в газовую фазу. Эти параметры определяли на основании исследований, проводившихся на лабораторной установке. Данная установка отличалась от обычной установки перегонки [2] тем, что в обогреваемую емкость с кислотой была вставлена трубка, в которую, от микрокомпрессора через нагреватель и расходомер подавали воздух. Саму же кислоту нагревали до определенной температуры, которую поддерживали постоянной. В опытах изменяли: температуру кислоты, расход воздуха, его температуру, начальную концентрацию кислоты.

В результате обработки экспериментальных данных были получены зависимости, связывающие скорость испарения кислоты

$$w = w_0 e^{k_{w,x}}$$

и диффузионный критерий Нуссельта

$$Nu_d = Nu_{d0} e^{k_{p,x}}$$



с составом кислоты, где  $\omega_0$ ,  $Nu_{до}$ ,  $k_{эф}$  и  $k_g$  – экспериментальные коэффициенты.

Было установлено, что экспериментальные коэффициенты  $\omega_0$ ,  $k_{эф}$  – для скорости испарения, а также  $Nu_{до}$  и  $k_g$  – для коэффициента массоотдачи, зависят от параметров процесса. В результате математической обработки были получены эмпирические уравнения следующего вида:

$$\omega_0 = 1,81 \cdot 10^{-8} \cdot t_k^{4,41} \cdot \vartheta^{1,85} \cdot t_{r0}^{0,18} \cdot x_0^{2,0}$$

$$k_{эф} = 0,218 \cdot \vartheta^{-0,428} \cdot t_{r0}^{-0,074} \cdot x_0^{-1,398}$$

$$Nu_{до} = 2,51 \cdot 10^{-7} \cdot Re^{2,0} \cdot \left(\frac{t_k}{t_{r0}}\right)^{11,9} \cdot x_0^{17,2}$$

$$k_g = 335,2 \cdot Re^{-0,168} \cdot \left(\frac{t_k}{t_{r0}}\right)^{-2,42} \cdot x_0^{-2,68}$$

где  $t_k$  и  $t_{r0}$  – температура жидкой кислоты и подаваемого в систему воздуха,  $\vartheta$  – скорость воздуха в емкости,  $x_0$  – начальная массовая доля воды в кислоте,  $Re$  – критерий Рейнольдса для потока воздуха,  $\frac{t_k}{t_{r0}}$  – относительная температура кислоты.

Данные уравнения применимы в следующих пределах изменения параметров процесса концентрирования:  $100^\circ\text{C} \leq t_k \leq 200^\circ\text{C}$ ,  $0,00106\text{м/с} \leq \vartheta \leq 0,0106\text{м/с}$ ,  $20^\circ\text{C} \leq t_r \leq 200^\circ\text{C}$ ,  $0,2 \leq x_0 \leq 0,4$ .

Полученные зависимости позволяют рассчитывать скорость испарения кислоты и коэффициент массоотдачи воды в газовую фазу, необходимые для моделирования процесса концентрирования серной кислоты испарением в поток нейтрального газа.

#### Список литературы

1. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1971. – 784с.
2. Воскресенский П. И. Техника лабораторных работ. – М.: Химия, 1973. – 717с.

**ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА  
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

## РЕАЛІЗАЦІЯ ЄВРОПЕЙСЬКОЇ КОНЦЕПЦІЇ ПОВОДЖЕННЯ З ТПВ: ДОСВІД ЄС ДЛЯ УКРАЇНИ

*Фалько А. С., магістрант, СумДУ, м. Суми;  
Мельник О. С., доцент, ГНПУ ім. О. Довженка, м. Глухів*

В Україні щорічно утворюється 11-13 млн. т твердих побутових відходів (ТПВ). У середньому на людину припадає близько 300 кг за рік, причому спостерігаються значні відмінності в обсягах утворення ТПВ на душу населення між міською та сільською місцевістю. Зростання утворення відходів нерозривно пов'язано зі збільшенням добробуту суспільства, тобто існує залежність між динамікою валового внутрішнього продукту (ВВП) на душу населення і питомим утворенням відходів.

Рівень переробки ТПВ в Україні складає лише 7-8%, в той час як в країнах Європейського союзу (ЄС) переробляється до 60% ТПВ. Таким чином, в Україні більше 90% ТПВ направляється на полігони і несанкціоновані звалища. Якщо така ситуація залишиться, то з урахуванням переповненості (5-7% від загальної кількості санкціонованих звалищ), закриття та рекультивациі екологічно небезпечних полігонів (16%), необхідність виділення земель під полігони буде зростати.

На відміну від сектора промислових відходів, де застосування більш ефективної технології призводить до істотного зниження обсягу утворених відходів, запобігання утворенню твердих побутових відходів є важкореалізованим і не дуже перспективним засобом через низький потенціал скорочення відходів, оскільки в даному випадку відходи є невід'ємною частиною споживання домогосподарствами товарів і послуг (упаковка, відходи продуктів харчування, використані побутові прилади і ін.).

З цих причин в політиці ЄС в області ТПВ основна увага приділяється не запобіганню утворення, а побудови найбільш екологічно безпечної системи поводження з потоками відходів.

У країнах ЄС система управління відходами передбачає наявність інтегрованої системи різних аспектів: соціальних, економічних, нормативно-правових, управлінських, технічних. Крім того, принципи сталого розвитку визначають основний напрямок управління відходами та створюють основу ієрархії методів поводження з відходами. Дані принципи складають основу всіх нормативних документів, пов'язаних з поводженням з відходами. Для поетапного впровадження концепції управління відходами законодавчих актів країн ЄС, з одного боку, встановлюють вимоги до різних аспектів поводження з відходами з урахуванням цільових показників розвитку (цільовий показник ступеня вилучення вторинної сировини і переробки, кількості компостних фракцій, які направляються на поховання), з іншого боку, створюють умови для їх досягнення. Юридична і фізична

відповідальність за кожну задачу управління відходами делегується на різних рівнях влади.

Структурний склад ТПВ є визначальним фактором при формуванні системи поводження з відходами. Саме якісний склад відходів визначає вимоги до системи збору і видалення, а також оптимальну конфігурацію заходів щодо поводження з твердими побутовими відходами.

Порівнюючи структуру утворення ТПВ в Україні з країнами ЄС, можна зробити висновок, що вона поки ближче до країн Східної Європи (Польща, Чехія, Словаччина, країни Балтії та ін.). В Україні вище частка органічної фракції, а частки скла і пластика відносно невеликі.

Значимість структурного складу ТПВ істотно зростає при виборі способів переробки ТПВ.

В цілому основні принципи політики ЄС в галузі поводження з ТПВ можна об'єднати в три основні групи:

1) забезпечення екологічної безпеки відповідно до встановлених стандартів (вимог) протягом усього життєвого циклу ТПВ;

2) встановлення пріоритетів відповідно до ієрархії поводження з ТПВ (попередження утворення, повторне використання, переробка, компостування, спалювання, захоронення);

3) реалізація в повній мірі принципу «забруднювач платить» в двох напрямках:

- принцип розширеної відповідальності виробника - платить виробник;
- той, хто викидає сміття (населення і організації), повністю оплачує його найбільш екологічну переробку і розміщення.

Для впровадження європейських принципів поводження з ТПВ на території України сьогодні має бути прийнята та реалізована Національна стратегія поводження з відходами. Стратегія повинна охоплювати всі види відходів і прописувати механізми відповідно до європейської практики, які передбачають застосування макrorівневого підходу та створення інституцій з контролю за дотриманням законодавства про поводження з ТПВ.

Успіх реформування сектора ТПВ в Україні залежить від впровадження програмно-цільового підходу з чітким встановленням цільових показників на національному та місцевому рівнях, моніторингу і контролю їх досягнення, законодавчого забезпечення впровадження нових економічних та інституційних механізмів та призначення єдиного уповноваженого державного органу, відповідального за реалізацію реформи в секторі.

В Україні має з'явитися Виконавче агентство з навколишнього середовища, що відповідатиме за видачу дозволів і пов'язані з ними функції. Це є загальноприйнята практика в багатьох країнах ЄС.

Затвердження Національної стратегії поводження з відходами - це перші кроки на шляху реформування системи поводження з відходами. За ними - розробка проєктів Національного плану дій і регіональних (муніципальних) планів дій поводження з відходами в Україні на основі Нацстратегії.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ШКІДЛИВОГО ВПЛИВУ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

*Орлов Б. О., Григоренко Д. І, студенти; Аблєєва І. Ю., асистент*

Джерела випромінювання мають місце в різних галузях виробництва: промисловості, сільському господарстві, медицині, атомній енергетиці. Ризик випромінювання виникає також при роботі на рентгенівських установках, з радіоактивними ізотопами, при дефектоскопії металів, контролі якості зварних з'єднань, під час роботи на комп'ютерах тощо.

Випромінювання поділяється на: іонізуюче, ультрафіолетове, електромагнітне і лазерне. Іонізуючим є будь-який вид випромінювання, взаємодія якого із середовищем спричиняє виникнення електричних зарядів різних знаків. Проникаючи до організму людини та проходячи через біологічну тканину, воно призводить до загибелі клітин, розладів центральної нервової системи, що, у свою чергу, викликає порушення функцій залоз внутрішньої секреції, судинної проникності. Внаслідок цих змін порушується нормальний перебіг біохімічних процесів та обмін речовин, що провокує розвиток променевої хвороби.

Мета роботи полягає у підвищенні рівня безпеки для населення при роботі з джерелами іонізуючого випромінювання.

Застосування комп'ютерів на підприємствах України станом на 2015 рік збільшилося до 80–90 %, що сприяє скороченню виробничого циклу на 40–50 %, капітальних та експлуатаційних витрат на устаткування – не менш як на 10 %.

Водночас при зменшенні коштів на охорону праці та скороченні служб охорони праці далеко не завжди приділяється належна увага навчання персоналу безпечних прийомів роботи на комп'ютерно-дисплейній техніці. Дослідження свідчать, що працюючи з комп'ютером, людина потрапляє під вплив різноманітних факторів: електромагнітних полів (діапазон радіочастот: ВЧ, УВЧ і СВЧ), інфрачервоного та іонізуючого випромінювання, шуму і вібрацій, статичної електрики.

Для захисту від шкідливих випромінювань потрібно забезпечитися такими засобами та методами: ізоляцією або захищенням джерел випромінювання за допомогою спеціальних камер, огорож, екранів; обмеженням часу перебування персоналу в радіаційно небезпечній зоні; відділенням робочого місця від джерел випромінювання; використанням дистанційного керування; застосуванням приладів сигналізації і контролю; використанням засобів індивідуального захисту.

Таким чином, для зменшення впливу всіх видів випромінювання рекомендується застосовувати монітори зі зниженою випромінювальною здатністю, а також дотримуватись регламентованого режиму праці та відпочинку.

## МОНІТОРИНГ ЯКОСТІ ТА БЕЗПЕЧНОСТІ РИБОПРОДУКЦІЇ

*Черниш Є. Ю., докторант; Матяш Я. О., студент*

Фактори потенційної небезпеки рибопродукції поділяються на фізичні, хімічні та біологічні. Фізичні - це чужорідні тіла (частки скла, гострі кісточки, інші тверді або сторонні включення і т.д.). Хімічні є домішки, залишкові кількості пестицидів, харчові добавки або хімічні речовини, що пролонгують збереження продукції при перевезеннях і зберіганні. Біологічні фактори, найбільш приховані і небезпечні своїми наслідками, укладені в бактеріальних інфекціях і токсини. Причиною харчових інтоксикацій може стати зростання числа хвороботворних мікроорганізмів і їхня здатність до виживання при термообробці. Найбільше число летальних випадків пов'язано з бактеріями видів *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, а також паразитом *Toxoplasma gondii*. Більшість захворювань пов'язано з бактеріями *Noroviruses*, *Campylobacter spp*, *Salmonella* і деяких інших видів [1].

Риба та продукти на її основі є специфічною продукцією, яку необхідно контролювати на всіх етапах транспортування, отримання, зберігання, переробки. Це забезпечить якість та безпечність продукту, який отримує споживач [2]. При отриманні імпортованої риби, яка буде направлена для подальшої переробки та продажу у торгові мережі обов'язково дотримуються певних процедур. Однією з них є перевірка риби та гідробіонтів на безпечність та якість. Перевіряються такі показники як: токсичні елементи, пестициди, гістамін, радіонукліди, мікробіологічні показники, проводяться паразитологічні дослідження. Вимоги щодо якості та безпеки рибопродукції починаються з вилову риби в морі або у внутрішньому водоймі і супроводжують продукцію по всьому ланцюгу або точніше мережі постачання, зберігання і реалізації риби та морепродуктів до вживання їх населенням в їжу [1]. У вирішенні питань забезпечення якості та безпеки при заготівлі, попередній обробці, перевезенні та зберіганні рибопродукції необхідно використовувати технологічні прийоми і технічні засоби, що відповідають високим показникам економічності, енергоефективності та екологічності.

### Список літератури

1. Бркич Г.Э. Обеспечение качества и безопасности рыбы и морепродуктов / Г.Э.Бркич, А.М.Рукавишников // Холодильный бизнес. - 2010. - № 9. - С. 40 - 46.
2. Полтавченко Т. В. Моніторинг якості та безпечності морської риби та морських гідробіонтів / Т. В. Полтавченко, І. О. Парфенюк// Матеріали II міжнародної науково-практичної конференції "Сучасне матеріалознавство та товарознавство: теорія, практик, освіта..", Рівно, 2017. - Режим доступу: <http://tntforum.ukrainianforum.net/>

## УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

*Олійник Л. В., магістрант; Пляцук Л. Д., професор*

Основу енергетики України сьогодні складають теплові електростанції (ТЕС) на органічному паливі, що забезпечують 75–80 % усього виробництва електроенергії. У процесі спалювання вугілля для виробництва тепло- і електроенергії на ТЕС утворюється значна кількість золи та шлаків, які направляються на золошлаковідвали, утримання яких вимагає значних затрат. Тому тема утилізації золошлакових відходів є актуальною і потребує дієвих методів вирішення.

Метою роботи є підвищення рівня утилізації золошлакових відходів виробництва теплової енергії в Україні та зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище.

Серед багатьох факторів, що зумовлюють низький рівень утилізації золошлакових відходів, можна виділити:

1) сумісне видалення золи та шлаку у вигляді пульпи, що значно ускладнює процес утилізації відходів. Це зумовлює необхідність проводити додаткові роботи по відділенні потрібних фракцій складових компонентів та осушення їх від зайвої вологи;

2) складність створення об'єктивних умов для максимального використання золошлакових відходів в процесі виробництва товарної продукції;

3) наявність значних недоліків у формуванні державної політики (нормативної бази) щодо поводження з відходами, зокрема їх утилізації; функціонуванні існуючої державної системи управління у сфері поводження з відходами.

Не дивлячись на очевидні переваги й перспективи широкого застосування золошлакових відходів, об'єм їх використання в Україні не перевищує 10 %.

Таким чином, для успішного вирішення проблеми утилізації золошлаків і нанесення мінімального екологічного збитку навколишньому середовищу необхідно, перш за все, проводити роздільне видалення золи і шлаку, відбір та відвантаження сухої золи по групам фракції, застосовувати екологічно прийнятні способи розміщення незатребуваної частини сухої золи і шлаків (грануляцію, заповнення гірських виробіток та кар'єрів тощо).

Для обробки економічно ефективних організаційно-технічних рішень були вивчені та проаналізовані існуючі методи утилізації золошлакових відходів: використання крупної фракції для виготовлення будівельних матеріалів та при будівництві доріг; вилучення та застосування зольних мікроструктур, як дешевої сировини з цінними властивостями для виготовлення теплоізоляційних матеріалів, а також в якості наповнювача для різноманітних композиційних матеріалів і виробів.

## ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

*Медвідь С. А., Підопригора Н. М., студенти; Аблєєва І. Ю., асистент*

У зв'язку зі стрімким розвитком технологій уникнути впливу електромагнітного випромінювання (ЕМВ) практично неможливо. На сьогодні рівень електромагнітного фону Землі перевищує природний у 200000 разів. Внаслідок дії ЕМВ на організм людини можливі як гострі, так і хронічні ураження, порушення в системах і органах, функціональні зміни в діяльності нервово-психічної, серцево-судинної, ендокринної, кровоносної та інших систем.

Мета роботи – підвищити рівень безпеки для людини при впливі електромагнітного випромінювання.

Основою функціонування організму людини є дуже слабкі біоелектричні струми й потенціали (мілівольти, мікроампери), що синхронізують природні біологічні ритми. Біологічна дія ЕМВ на організм залежить від інтенсивності джерела, тривалості опромінення, довжини хвиль, характеру випромінювання. Перші експериментальні дослідження впливу ЕМВ на нервову систему були проведені професором Ю.А. Холодовим. У результаті досліджень було встановлено прямий зв'язок електромагнітного поля на мозок, мембрани нейронів, пам'ять, умовно-рефлекторну діяльність. Під впливом ЕМВ та випромінювань спостерігається загальна слабкість, підвищена втома, пітливість, сонливість, а також розлад сну, головний біль, біль у ділянці серця, зміна артеріального тиску.

Остаточо весь механізм негативного впливу ЕМВ на організм людини ще не зовсім вивчений, але відомо, що його шкідлива дія проявляється від субклітинного рівня до ураження цілого організму.

Робоча група ВООЗ виявила порушення стану здоров'я, найбільш серйозними з яких є: онкологічні захворювання; пригнічення репродуктивної системи (імпотенція, порушення менструального циклу, уповільнення статевого дозрівання, зменшення здатності запліднення і так далі); несприятливий перебіг вагітності; порушення психоемоційної сфери (UF-синдром, стресовий синдром, агресивність, дратівливість і так далі); порушення у вищій нервово-рефлекторній діяльності; погіршення зору; деструктивні зміни у тканинах та органах гострого або хронічного характеру; порушення імунної системи.

Таким чином, для захисту від ЕМВ необхідно розробляти комплекс заходів, серед яких найбільш дієвими є: вибір раціональних режимів роботи обладнання; обмеження місця і часу перебування в зоні впливу ЕМВ; раціональне розміщення обладнання; використання засобів, які обмежують надходження електромагнітної енергії на робочі місця персоналу; ЗІЗ (захисні окуляри, щитки, шоломи, захисний одяг).



## ПРОБЛЕМИ ПОВОДЖЕННЯ З МЕДИЧНИМИ ВІДХОДАМИ В СУМСЬКІЙ ОБЛАСТІ

*Жмурко М. І., магістрант; Лазненко Д. О., доцент*

На сьогоднішній день в Сумській області критичним є питання врегулювання поводження з медичними відходами.

У відповідності до Державних санітарно-протиепідемічних правил і норм щодо поводження з медичними відходами, які затверджені Наказом Міністерства охорони здоров'я України від 08.06.2015 № 325 (далі Правила), виділяють 4 категорії медичних відходів:

- категорія А - епідемічно безпечні медичні відходи;
- категорія В - епідемічно небезпечні медичні відходи;
- категорія С - токсикологічно небезпечні медичні відходи;
- категорія D - радіологічно небезпечні медичні відходи.

Найбільш проблемною категорією для області є категорія В. До цих відходів відносяться використаний медичний інструмент, предмети, забруднені кров'ю або іншими біологічними рідинами, органічні медичні відходи хворих (тканини, органи, частини тіла, плацента, ембріони тощо) та інші. Проблема полягає в тому, що відходи категорії В після знезараження можуть передаватися лише тим стороннім організаціям, що мають відповідні ліцензії. У відповідності до вимог Правил частина цих відходів потребує термічного знешкодження. Сьогодні в Сумській області відсутні організації, що здійснюють діяльність з утилізації чи знешкодження медичних відходів даної категорії.

Для вирішення цього питання необхідно створювати установки термічного знешкодження медичних відходів. Це може бути централізований комплекс, орієнтований на обслуговування медичних закладів певної території чи локальні установки для обслуговування одного медичного закладу.

Правила поводження з медичними відходами показують необхідність спільного вирішення завдань збирання та оброблення/перероблення відходів. Зазначається, що збирання відходів категорії В у місцях їх утворення здійснюється у спеціальну упаковку впродовж робочої зміни. При використанні контейнерів для гострого інструментарію допускається їх заповнення протягом 3 діб.

Тобто при плануванні потужностей з перероблення медичних відходів необхідно відштовхуватися від обсягу їх добового утворення.

Нами було проаналізовано обсяги утворення відходів по медичним закладам Сумської області. За результатами дослідження визначено, що при розгляді для окремих лікарень технологічного обладнання для термічного знешкодження медичних відходів категорії В слід відштовхуватися від орієнтовних обсягів відходів, що підлягають спалюванню – 3-10 тонн/рік (10-40 кг/добу).

## ОЦІНКА ВПЛИВУ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ НА АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ

*Гурець Л. Л., доцент; Пархоменко О. С., студентка*

Антропогенне забруднення атмосферного повітря впливає практично на всі сфери розвитку життя, соціальної та економічної систем країни (зокрема, рівень здоров'я населення, продуктивність сільськогосподарського виробництва та лісового, рибного, водного господарств, ефективність житлово-комунальної служби, промисловості, транспорту тощо). Виявлення та оцінка згубного впливу промислових підприємств на стан атмосферного повітря дозволить запобігти подальшому його забрудненню та впливу на живі організми та навколишнє середовище в цілому.

Складність проведення оцінки рівня техногенної небезпеки промислових об'єктів полягає в особливості технологічних процесів різнопрофільних підприємств, відмінності умов утворення шкідливих речовин, специфічності природоохоронних заходів щодо запобігання надходженню їх у природне середовище. Розроблені на сьогоднішній день методики для інтегральної оцінки впливу на довкілля можна розділити на три групи: методики, які базуються на виділенні укрупнених показників, що вимагають експертної оцінки; методики розрахунку екологічних індикаторів; методики розрахунку завданого економічного збитку.

Інтегральний показник екологічної безпеки об'єкта дає змогу не тільки характеризувати вплив конкретного підприємства, а й порівняти різні об'єкти за рівнем екологічної безпеки. Інтегральний показник екологічної безпеки об'єкта визначається за формулою:

$$ІПЕБО = \left[ \frac{K_a + K_e + K_m + K_p}{K_p} - \frac{K_z}{K_n} \right] \cdot 100,$$

де  $K_a$ ,  $K_e$ ,  $K_m$ ,  $K_p$  – коефіцієнти забруднення атмосфери, гідросфери, техносфери відповідно, які визначаються як відношення кількості забруднюючих речовин за рік до ліміту забруднюючих речовин;

$K_p$  – коефіцієнт ризиків;

$K_z$  – коефіцієнт екологічних витрат, який визначається відношенням загальних затрат на природоохоронні заходи до вартості товарної продукції;

$K_n$  – коефіцієнт забруднення загальної площі, який враховує забруднення санітарно-захистної зони.

Оцінка рівня екологічної безпеки природно-техногенних комплексів базується на аналізі двох основних формуючих її характеристик – стану екологічної складової (стан екосистеми, людина, екологічний ризик) і техногенно-екологічного впливу (техногенний збиток, ризик небезпеки НПС) та визначається як оцінка техногенного навантаження на НПС і людину.

## ОГЛЯД МОЖЛИВОСТЕЙ БІОХІМІЧНОЇ ПЕРЕРОБКИ ФОСФОГІПСУ

*Черниш Е. Ю., докторант.; Алієва М. О., магістрант*

У середині 90-х років виробництво екстракційної фосфорної кислоти (ЕФК) становило близько 20 млн. т у перерахунку на  $P_2O_5$ , при цьому було отримано приблизно 90 млн. т. фосфогіпсу[1]. В перспективі у виробництві ЕФК будуть все ширше залучатися фосфорити з пониженим вмістом фосфору і кількість відходів збільшиться у два-три рази. При цьому основним джерелом забруднення довкілля в районах розміщення виробництв мінеральних добрив на території України (міста Армянськ, Суми, Рівне) є фосфогіпсові відвали. Відповідно актуальним залишається завдання переробки фосфогіпсу. При цьому здобуває нові можливості напрямок біохімічної переробки фосфоритової сировини і фосфогіпсу.

Отримання цінних компонентів з допомогою мікроорганізмів є визнаним біотехнологічним методом переробки природних сульфідних руд, оскільки є ресурсо- і енергоефективних, екологічно безпечним, дозволяє освоювати бідні некондиційні руди, які не вигідно переробляти традиційними хімічними методами. Це особливо актуально і перспективно в зв'язку з необхідністю поповнення дефіциту рідкісних, дорогоцінних і кольорових металів, розробки для цих цілей гірських порід з низьким вмістом цільових компонентів, пошуком їх нових нетрадиційних джерел [2]. До останніх з повним правом можна віднести техногенні відходи підприємств хімічної промисловості, зокрема фосфогіпс.

В цілому ж напрямок біохімічної переробки фосфогіпсу можна здійснювати в двох технологічних режимах:

- Біовилуговування корисних елементів (РЗМ, фосфору і т.п.);
- Біозв'язування токсичних компонентів (важких металів) в нерозчинні сполуки (наприклад, в комплексній сульфідній фракції).

Біохімічний напрямок переробки має ряд екологічних переваг: зменшення кількості хімічних реагентів при обробці фосфогіпсу і утворених стічних вод, екологічно безпечна утилізація продуктів обробки.

### Список літератури

1. Кожушко В. П. Гидрофобизация изделий из гипсовых вяжущих – одно из направлений расширения сферы их применения в строительстве / В. П. Кожушко // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2005. – № 29. – С. 83 – 86.
2. Васильева Т. В. Основные группы микроорганизмов, участвующих в биогидрометаллургических процессах / Т. В. Васильева, И. А. Блайда, В. А. Иванова. // Проблемы екологічної біотехнології. - 2013. - № 1. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/peb\\_2013\\_1\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/peb_2013_1_3)

## ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ЛАМПИ, ЯКІ ЖИВЛЯТЬСЯ ВІД ТРЕНАЖЕРІВ

*Литвиненко М. А., студентка; Аблієва І. Ю., асистент*

На сьогодні ефективне використання енергоресурсів є найбільш важливим і економічно доцільним, але в той же час, найменш використовуваним і найменш зрозумілим способом підвищення як рівня життя кожного, так і життя в умовах збереження довкілля. Підприємства здатні заощаджувати до 10 % електроенергії лише за рахунок простих заходів, таких як відключення живлення комп'ютерів вночі та встановлення енергоефективних ламп з великою світловіддачею, що дозволяє економити електроенергію при заміні звичайних ламп розжарювання.

Метою роботи є визначення потенціалу використання тренажерів під час виробництва електроенергії для живлення енергоефективних ламп.

У британському фітнес-центрі «Кедбері хаус» працюють повністю автономні машини, велотренажери, бігові доріжки, еліптичні тренажери, які переводять механічну енергію відвідувачів центра в електроенергію. Вироблена електроенергія забезпечує не лише роботу самих тренажерів, а й комплексне функціонування закладу.

Студенти одного з технічних університетів Франції зробили велотренажер, повністю зібраний з вторинної сировини, за допомогою роботи якого протягом маленького проміжку часу весь кінотеатр забезпечувався електроживленням.

Для виробничих приміщень необхідно більше світла, а отже потрібен механізм більшої потужності. Американсько-індійський мільярдер Манодж Бхаргава, засновник та власник стартапа Free Electric bike, запропонував дуже просту конструкцію генеруючого електроенергію велосипеда. Вона включає в себе стандартні деталі від велосипеда з класичним педальним приводом, правильно підібраний вантаж, генератор змінного струму і батарею на 12 В. При обертанні педалей приходить в рух ротор електричного генератора, який зберігає енергію в батареї. Конструкція стаціонарного Free Electric bike вдосконалена з метою максимально ефективного перетворення м'язової енергії в електричну. Так легким крутінням педалей можна змусити працювати 24 лампи і вентилятор.

Таким чином, поєднання безкоштовної електроенергії та енергозберігаючих ламп має багато переваг. Лампи забезпечують освітленість на нормованому рівні, що сприятливо впливає на наше здоров'я, вони компактні, екологічні, дозволяють економити електроенергію, мають довгий термін служби, низьку тепловіддачу, але більшу світловіддачу. Використання тренажерів не шкодить навколишньому природному середовищу, покращує фізичний стан людей та сприяє виробленню безкоштовної електроенергії, яку можна продавати по вигідному тарифу для інших виробництв або офісів, що дає можливість отримувати додатковий дохід.

## ПОЛІПШЕННЯ СТАНУ ВИРОБНИЧОГО СЕРЕДОВИЩА ЗА ШУМОВИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

*Кушніренко Я. В., студент; Аблієва І. Ю., асистент*

Виробничий шум на робочих місцях негативно позначається на здатності робітників виконувати свої професійні обов'язки. Загалом людина нормально справляється з простими рутинними завданнями навіть при рівнях шуму у 90–100 дБ, проте вплив шуму вищого рівню викликає порушення у роботі опорно-рухового апарату та зору людини. Щодо виконання складніших завдань, які потребують концентрації та уваги персоналу, шуми з інтенсивністю більше 85 дБ можуть бути причиною виробничого браку, травматизму, виходу з ладу обладнання тощо. Проведення кваліфікованої роботи високої точності та концентрації уваги стає проблематичним навіть при рівнях шуму у 60–65 дБ. Переривисті імпульсні шуми є більш дезорганізуючими, ніж постійні шуми. Дратівливість людини від впливу шуму можна знизити за рахунок контролювання джерела походження шуму.

Шкала рівнів шуму: 1) рок-ансамбль (heavy metal) – 130 дБ; 2) метро – 90 дБ; 3) автомобільний рух на автостраді – 60 дБ; 4) шелест листя – 10 дБ.

Мета роботи – визначити шляхи зниження рівня шумового забруднення на робочому місці.

Одним з найпростіших та економічно доцільних способів зниження шуму є застосування методів звукоізоляції та звукопоглинання. Існують матеріали, до складу яких входить природна пемза, «спінений» перліт, вермикуліт. Їх коефіцієнт звукопоглинання дорівнює 0,5. Щільність такого роду матеріалів не повинна перевищувати 300–400 кг/м<sup>3</sup>.

Широкого використання набувають технічні різновиди звичайної вати та повсть. У цих матеріалів коефіцієнт звукопоглинання може варіюватися в межах від 0,7 до 0,95. У зв'язку з цим вони набагато легше попереднього матеріалу – їх щільність не перевищує 70 кг/м<sup>3</sup>.

Найбільш якісні пробкові підкладки знижують рівень ударних шумів відразу на 12 дБ. Звукоізолюючі матеріали на основі деревного чи синтетичного волокна і цементу мають щільність від 208 кг/м<sup>3</sup> до 570 кг/м<sup>3</sup>. Фіброліт служить матеріалом для незнімної опалубки, що застосовується для каркасного будинку. Одним із його видів є акустичний фіброліт з коефіцієнтом звукопоглинання щонайменше 40 % за мінімальної товщини плити.

Таким чином, для зниження рівня повітряного та структурного шуму і забезпечення вимог санітарних норм щодо його рівня пропонується: проведення акустичної обробки будівель для зменшення енергії звукових хвиль; використання високоефективних віброзвукопоглинальних композитних матеріалів для облицювання внутрішніх або зовнішніх поверхонь.

## ЗНИЖЕННЯ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА АТМОСФЕРУ ПІДПРИЄМСТВ ХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

*Лего К. В., магістрант; Козій І. С., доцент*

Українська матеріальна база потужностей хімічного виробництва та природоохоронного обладнання не сильно модернізована.

Основною продукцією хімічної промисловості України є: мінеральні добрива, сірчана кислота, сода кальцинована, сода каустична, лаки та фарби, хімічне волокно, отрухохімікати для сільського господарства. Разом з цим кожний технологічний процес хімічного виробництва супроводжуються утворенням великої кількості відходів у вигляді шкідливих газів та пилу, шлаків, шламів, стічних вод, що містять різні хімічні компоненти, які забруднюють атмосферу, воду та поверхню землі. Викиди в атмосферу в хімічній промисловості відбуваються при виробництві кислот, гумовотехнічних виробів, фосфору, пластичних мас, барвників і миючих засобів, штучного каучуку, мінеральних добрив, розчинників, крекінгу нафти.

Виробництво сірчаної кислоти - основне джерело викидів оксидів сірки; виробництво аміаку - оксидів азоту; пластмас - вуглеводнів; газової сажі - оксиду вуглецю. Головною забруднюючою речовиною атмосфери при виробництві добрив є аерозолі, що містять сполуки азоту, фосфору і фтору.

Для дотримання вимог до якості та ступеня очищення викидів необхідно використовувати технологічні процеси та обладнання, які знижують або повністю виключають викид шкідливих речовин в атмосферу, а також забезпечують нейтралізацію утворених шкідливих речовин. Основними методами очищення викидів від газоподібних речовин є: промивання викидів розчинниками, що не сполучаються із забруднювачами; промивання викидів розчинами, що вступають в хімічне з'єднання з забруднювачами; поглинання газоподібних забруднювачів твердими активними речовинами; поглинання та використання каталізаторів; термічна обробка викидів; осаджування в електричних та магнітних полях; виморжування.

Хімічна промисловість, що є джерелом істотного забруднення довкілля, поступається лише перед енергетикою, металургійним комплексом і автомобільним транспортом, тому важливим є удосконалити технологію виробництв, впроваджувати безвідходні і маловідходні технології. Також, з метою поліпшення стану довкілля в технологічних процесах галузі рекомендується використовувати: окислення і відновлення із застосуванням кисню і азоту, електрохімічні методи, мембранну технологію розділення газових і рідинних сумішей, біотехнологію, а також методи радіаційної, ультрафіолетової, електроімпульсної і плазмової інтенсифікації хімічних реакцій.

## ВИМОГИ ДО ОЗЕЛЕНЕННЯ ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ

*Гурець Л. Л., доцент; Редька К. С., студентка*

Зелені насадження на території вищих навчальних закладів відіграють дуже важливі, а саме санітарно-гігієнічну й архітектурно-планувальну ролі.

Густокронні дерева і чагарники, які розташовують по периметру університету ізолюють від вулиць, житлових приміщень та споруд. Вони захищають від шуму, вловлюють пил, регулюють клімат та створюють красиву картинку в очах студентів. На території вузів створюють газони, клумби із різноманітних рослин, тіністі алеї, які об'єднують навчальні, виробничі та спортивні споруди. Існуючі норми проектування передбачають площі зелених ділянок навчальної зони залежно від профілю вузу і контингенту студентів. На 1000 студентів для університетів приймається 5,5 – 7.5 га, технічних вищих навчальних закладів – 6 – 8 га, сільськогосподарських – 7 – 8 га, для медичних, педагогічних, юридичних та інших – 3 – 4 га. Площа озеленення земельної ділянки вузу має бути не менше 40%, В разі наближеності ділянок до лісу чи парку площу озеленення можна зменшити до 30%. Віддаленість навчальних корпусів від магістральних вулиць та швидкісних доріг повинна бути не менше 50 м від межі проїжджої частини. Приблизне співвідношення площ зон території вищого навчального закладу( за виключенням забудови) таке: спортивна – 15 – 25 %, навчально- дослідна – 30 – 40 %, паркова 45 – 50%.

На території Сумського державного університету зелені масиви створені в усіх зонах і вздовж об'єднуючих їх пішохідних доріжок. Біля кожного корпусу створені різнокольорові клумби, наявні газони, як спортивні так і для відпочинку, кущі, живоплоти. Представлені різні види дерев, такі як : береза, верба, клен, каштан, піхта, та ін. Вони захищають від шуму, іонізують та очищують повітря. Система озеленення на навчально-дослідних ділянках представлена у регулярному стилі, із чітко вираженими доріжками, рядовими посадками, партерними квітниками. Перед центральним корпусом розташоване озеро, обрамлене газонами де висаджені берези і верби.

Таким чином, можемо сказати що основні вимоги до озеленення Сумського державного університету виконуються. Зелені насадження перебувають у належному стані, та виконують санітарно- гігієнічну та архітектурно- планувальні ролі. Територія університету примикає до лісової посадки (СЗЗ заводу «Хімпром»), тому загальне озеленення повинно складати 30%. Віддаленість від проїжджої частини не менше 50м, що задовольняє нормативні вимоги.

Метою подальших розробок є виявлення площі університету, та розрахунок у відсотках озеленення, для більш точного формування висновку, щодо дотримання нормативам.

## ОЧИЩЕННЯ КОМУНАЛЬНИХ СТІЧНИХ ВОД ВІД ФОСФАТІВ

*Штанько Т. В., магістрант; Лазненко Д. О., доцент*

Наявність біогенних елементів в водних об'єктах призводить до розвитку ціанобактерій (синьо-зелених водоростей) і заростання ними водойм, зменшення розчиненого кисню, погіршення умов для розвитку рослинного і тваринного світу та порушення нормального функціонування природних екосистем. Враховуючи це, сьогодні велику увагу приділяють технологіям очищення стічних вод від біогенних елементів, і зокрема, фосфору.

Фосфор у воді знаходиться у вигляді неорганічних, органічних, органо-мінеральних сполук і входить до складу клітин гідробіонтів. Сполуки фосфору можуть надходити до гідросфері з продуктами життєдіяльності людей і тварин, промисловими і комунальними стоками (з мийними засобами, які містять фосфор), з ґрунтів (переважно із земель сільськогосподарського призначення). Сьогодні важливим завданням є розроблення та запровадження технологій вилучення сполук фосфору зі стічних вод.

Класична технологія очистки стічних вод включає в себе механічну обробку з подальшим аеробним біологічним окисненням і призначена, в основному, для вилучення з води загального органічного вуглецю. При потраплянні до таких очисних систем сполук фосфору порушується їх нормальна робота і не досягається необхідний ступінь очистки і продуктивність (для збільшення ступеня очистки зменшують продуктивність біологічної очистки). Одним з розв'язань даної проблеми є попередня дефосфатизація стічної води за допомогою неорганічних реагентів [1].

Тому важливою є розробка ефективної технології дефосфатизації стічної води з використанням недорогих ефективних реагентів. Найбільш доступним і здійсненним для очищення великих обсягів стічних вод на діючих міських та інших очисних спорудах є метод осадження сполук фосфору, який передбачає використання реагентів на різних стадіях очищення.

Вибір виду реагента залежить від його доступності і вартості у регіоні, де очищають стоки. Місце його введення для кожного конкретного випадку встановлюється індивідуально на основі попередніх лабораторних досліджень з подальшою перевіркою отриманих результатів у промислових умовах.

### Список літератури:

1. Хенце М., Армозс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. Очистка сточных вод. – М.: Мир, 2004. – 480 с.



## ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ LED-ЛАМП З ТОЧКИ ЗОРУ ЯКОСТІ ОСВІТЛЕННЯ У ПРИМІЩЕННЯХ

*Авраменко С. Є., студент; Аблєєва І. Ю., асистент*

Енергоефективність та збереження природних ресурсів – головне завдання для сучасних технологій, що бурхливо розвиваються. На даний момент найбільш поширеними джерелами світла є лампи розжарювання. Вони завоювали свою популярність через низку переваг, таких як: низька вартість; простота у виготовленні; невеликі розміри; можливість роботи як на постійному, так і на змінному струмі; відсутність токсичних складових та, як наслідок, відсутність необхідності інфраструктури для утилізації [1]. Але ці переваги тягнуть за собою багато недоліків: низька світловіддача; малий термін служби (до 1000 годин); різка залежність світловіддачі від терміну служби та напруги; низька механічна стійкість; колірна температура близько 2300-2900 К, що відмінно від денного світла; висока пожежна небезпека; світловий коефіцієнт корисної дії для ламп розжарювання становить близько 4-5 %, що критично мало порівняно з сучасними світлодіодними лампами.

Мета роботи полягає у підвищенні енергоефективності штучного освітлення методом переходу з ламп розжарювання на світлодіодні лампи.

Принципово нові електричні джерела світла, в яких використовуються потужні світловипромінюючі діоди високої ефективності. Світлодіодні лампи володіють високими технічними і споживчими характеристиками, зручні в експлуатації і можуть застосовуватися в освітлювальних приладах замість ламп розжарювання, галогенних і енергозберігаючих ламп.

Основними перевагами таких ламп є: низьке енергоспоживання (10 % енергії, яку б використала лампа розжарювання); тривалий час експлуатації (до 100 000 годин); високий ресурс стійкості; ударна та вібраційна витривалість; чистота і різноманіття кольорів; невисока чутливість до перепадів напруги; працюють при широкому спектрі температур; направленість випромінювання; можливість регулювання яскравості; екологічна і пожежна безпека; відсутня необхідність спеціальної утилізації. До недоліків можна віднести порівняно високу вартість та неможливість експлуатації в умовах високої вологості і в герметичному корпусі.

Таким чином, LED лампи мають очевидну перевагу порівняно з лампами розжарювання, навіть не звертаючись до фінансових розрахунків. У середньому окупність світлодіодних ламп займає близько року.

### Список літератури

1. Франчук І. А. Світові тенденції розвитку енергозабезпечення і систем їх державного регулювання / І. А. Франчук / Економіка та держава. – 2008. – № 12. – С. 66 – 68.

## ПИЛОВІ ВИКИДИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

*Петроченко К. О., магістрант; Козій І. С., доцент*

На сьогоднішній день забруднення повітря – постійно діючий чинник негативної дії на здоров'я людини. Будь-яка небажана зміна складу земної атмосфери в результаті надходження в неї різних газів, водяної пари і твердих частинок (під впливом природних процесів або в результаті діяльності людини) впливає на здоров'я людини.

Приблизно 10% забруднювачів потрапляють в атмосферу внаслідок природних процесів: вулканічні виверження, які супроводжуються викидами в атмосферу попелу, розпилених кислот і отруйних газів, лісових пожеж, пилових бур і т.п. Інші 90 % забруднювачів мають антропогенне походження. Основні їх джерела: спалювання викопного палива на електростанціях, заводах і двигунах автомобілів; виробничі процеси, не пов'язані зі спалюванням палива, але які призводять до запилення атмосфери; видобутку вугілля відкритим способом, вибухові роботи (кар'єри); стики труб на нафтоперегінних і хімічних заводах; зберігання відходів та ін.

Запиленість атмосферного повітря знижує освітленість, інтенсивність УФ радіації, сприяє появі похмурої погоди, туманів, смогу.

Пил, який потрапляє у дихальні шляхи, частково виділяється назовні під час чхання та кашлю, а частково затримується в легенях. Тут відбувається процес фагоцитозу пилових частинок, передусім клітинами легеневого епітелію. Активність різних видів пилу неоднакова і тому вплив його різний.

Дія пилу на дихальну систему та слизові оболонки сприяє розвитку ряду патологічних станів: загальнотоксична дія, алергенні захворювання, інфекційні захворювання з інгаляційним механізмом передачі (туберкульоз, легенева чума та інші), пневмоконізи, рак легень тощо.

На сьогоднішній день ще багато джерел забруднювачів повітря залишаються недостатньо вивченими. Це стосується, насамперед, аерозольних і пилових забруднювачів атмосфери, на поверхні яких можуть адсорбуватися шкідливі для здоров'я людини різні речовини, включаючи продукти розпаду радіоактивних газів. Хімічні реакції за участю нейтральних речовин на поверхні аерозолів можуть призводити до їх каталітичних перетворень у токсичні сполуки, які потрапляють в організм людини при їх вдихуванні.

Інтерес до негативного впливу аерозолів на здоров'я населення поновився, коли було встановлено кореляцію між підвищенням захворюваності людей та концентрацією аерозольних частинок над міськими територіями. Однак, детальні механізми, через які реалізується ця тенденція, невідомі, бо систематичне вивчення хімічного складу і реакцій на поверхні забруднювачів не було проведене до цього часу, а сучасні методи контролю навколишнього середовища обмежені моніторингом і не включають надійного прогнозування можливих наслідків від дії цих забруднювачів.

## ДЕЯКІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ СУМІСНОЇ ЗВУКО- Й ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ БУДІВЕЛЬ

*Махотка Т. О., студент; Аблєєва І. Ю., асистент*

Надмірний рівень шуму як у виробничих приміщеннях, так і в житлових будинках несприятливо впливає не лише на слуховий аналізатор, а й на загальний стан здоров'я людини. Шум – сильний подразник, здатний викликати роздратування, стомлення, втрату слуху, а за тривалої дії призводить до професійного захворювання – шумової хвороби, що проявляється у туговухості, розладах нервової і серцево-судинної систем. За останні роки рівень звукового забруднення став значно підвищуватись. Рівень більшості джерел шуму, таких як промисловість і транспорт, не є контрольованим. Найважливішим заходом для забезпечення комфорту в оселі є звукоізоляція при утепленні.

Мета роботи полягає у підвищенні ефективності звукоізоляції під час виконання теплоізоляції будівель.

На сьогодні одним із шляхів вирішення проблеми енергозбереження є проведення теплоізоляції будівель за допомогою матеріалів відповідної якості та з параметрами, що задовольняли б вимогам як тепло-, так і звукоізоляції одночасно. Конструкції будівлі завжди забезпечують гасіння шуму, але досить перспективним є використання звукоізоляторів – матеріалів, що переводять шум у теплову енергію.

Добре справляється зі зменшенням звукового забруднення система, у якій зовнішнє облицювання слугує бар'єром, що відбиває звук, а шар мінераловатної теплоізоляції поглинає звук, який проходить крізь облицювання.

Для звичайних умов рівень ізоляції повинен складати 55–60 дБ (кладки з двох цеглин цілком достатньо). Утеплення мінеральною ватою, товщиною 10–20 см за технологією «вентильований фасад», також значно підвищує рівень шумоізоляції на 10–25 дБ.

Велика кількість шуму проникає через невеликі зазори чи порожнечі в стінах. У такому разі використовують целюлозний звукоізоляційний матеріал, що створює безшовний звуковідбиваючий шар, проникаючи у найдрібніші заглиблення повністю.

Як приклад можна навести той факт, що в аеропорту ім. Шарля де Голля у Франції в якості звукоізоляції був застосований целюлозний матеріал, так як він є найбільш технологічно простим, економічним і ефективним рішенням акустичного комфорту в приміщенні.

Таким чином, застосування сумісної звуко- та теплоізоляції дозволяє одночасно вирішити проблему зниження шуму й енергозбереження, та можливе за умови аналізу властивостей матеріалів і використання звукоізоляторів типу мінеральної вати, целюлози тощо.

## ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ ОБ'ЄКТІВ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ НА АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ

*Гурець Л. Л., доцент; Федченко Т. С., магістрант*

В Україні досить забруднене атмосферне середовища. Одним з основних забруднювачів являються теплові електростанції (ТЕС). За оцінками, їх внесок у забруднення атмосферного повітря в межах території України складає близько 30%.

Найбільша загроза виникає при спалюванні кам'яного вугілля, викидаються значні обсяги оксидів сірки та азоту, які при взаємодії з атмосферними опадами призводять до кислотних дощів; частки золи містять важкі метали та природні радіонукліди, які можуть накопичуватись у ґрунті.

Основним виробництвом Сумської ТЕЦ є вироблення теплової та електричної енергії, яке здійснюється в 6 котлах, трьох парових та трьох водогрійних, від яких викидається 17 забруднюючих речовин, крім того 2 парникові гази (оксид діазоту та діоксид вуглецю). Сумарні викиди парникових газів від основного виробництва складають 391668,683 т/рік, сумарний викид забруднюючих речовин – 9077,722 т/рік.

В ході моєї роботи були проведені два досліді для визначення ступеню впливу забруднення атмосферного повітря на екосистему. У основі першого експерименту лежав метод біоіндикації. Ця методика є універсальним неспецифічним індикатором стану середовища, тому не потребує проведення додаткових хіміко-аналітичних робіт для підтвердження своєї придатності. Основним об'єктом для визначення ступеню техногенного навантаження методом біоіндикації була вибрана береза бородавчата (*Betula pendula* Roth).

Березове листя було зібране в наступних точках:

- група дерев безпосередньо біля об'єкта техногенного впливу;
- група дерев на відстані 500 м від території ТЕЦ;
- група дерев на відстані 1000 м від території ТЕЦ.

Результати показують, що на дальній території відхилення спостерігаються. Це пояснюється висотою труби з викидами, що розсіюються.

Інший метод полягає в дослідженні талої води на наявність твердих частинок (золи) ваговим методом. Сніг є накопичувачем забруднень, тому дозволяє оцінити ступінь забруднення атмосфери за кілька місяців. Виходячи з цього об'єктом нашого вивчення ми вибрали сніговий покрив безпосередньо біля ТЕЦ, на відстані 500м від ТЕЦ та на відстані 1000 м від досліджуваного об'єкта.

В цьому випадку результати виявилися протилежні, на території 1000м повітря чистіше. Це можна пояснити великою дисперсністю часток, які одразу ж осідають.

## ПРО НЕОБХДНІСТЬ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПРИРОДООХОРОННИХ ТЕРИТОРІЙ

*Кузьміна Т. М., доцент; Мартим'янов О. С., магістрант СумДУ;  
Дериземля А. М., викладач, СумДПУ, м. Суми;  
Бабко Р. В., ст. наук. співроб., Інститут зоології НАНУ, м. Київ*

В Україні, як і в усьому світі, створення природоохоронних територій має на меті «...збереження природної різноманітності ландшафтів, генофонду тваринного і рослинного світу, підтримання загального екологічного балансу та забезпечення фонового моніторингу навколишнього природного середовища...» [1]. Протягом останніх 25 років відбулося значне зростання кількісних показників ПЗФ – збільшення загальної площі і представленості окремих категорій. Однак відсутність систематизованої інформації щодо стану екосистем на територіях ПЗФ та наявності негативних чинників впливу не дозволяє вчасно і фахово приймати адекватні управлінські рішення. Тому в сучасній Україні оцінка ефективності виконання природоохоронними територіями покладених на них функцій є важливим і актуальним завданням.

У сучасних реаліях упорядкуванню наявної інформації щодо стану ПЗФ, визначенню пріоритетів природоохоронної діяльності і розробці стратегічних планів удосконалення процесу управління природоохоронними територіями може суттєво сприяти застосування методики RAPPAM (Rapid Assessment and Prioritization of Protected Area Management, Експрес-оцінка та визначення пріоритетів управління територіями природно-заповідного фонду) [2]. Ця методика широко використовується у багатьох країнах світу – Франції, Чехії, Болгарії, Румунії, Грузії, Туреччині, Китаї, Індії, Бразилії та інших, – і стала визнаним інструментом оцінки ефективності управління природоохоронними територіями. До того ж, ця методика відповідає критеріям, встановленим Світовою комісією з питань природоохоронних територій (WCSPA). В Україні методика RAPPAM почала застосовуватися з 2008 р. [2]. У 2016 р. Верховною Радою України було ратифіковано «Угоду між Кабінетом Міністрів України та Урядом Федеративної Республіки Німеччина про фінансове співробітництво, проект «Підтримка природно-заповідних територій в Україні», в якій методику RAPPAM вказано як інструмент контролю успішності виконання проекту [3].

Згідно з названою методикою, для оцінки стану природоохоронних територій пропонуються такі критерії: 1) негативні чинники і загрози у межах природоохоронних територій (вирубування, мисливство, інвазійні види, порушення гідрологічного режиму, зміна землекористування, туризм і відпочинок, випасання худоби, викидання сміття, збирання лісових продуктів, транспорт тощо); 2) природна цінність природоохоронних територій (рівень біологічного різноманіття, наявність ендеміків та рідкісних видів); 3) соціально-економічна цінність природоохоронних територій (роль

території у житті місцевої громади – залежність громади від використання ресурсів цієї території); 4) вразливість природоохоронних територій (висока ринкова ціна ресурсів, наприклад, деревини чи бурштину, а також попит на ці ресурси; легка доступність для нелегальної діяльності, тобто близькість до доріг і водних шляхів); 5) естетична, духовна та рекреаційна цінність природоохоронної території; 6) ефективність управління (оцінка досягнення конкретних результатів та їхня відповідність визначеним завданням, щорічним планам, а також спрямованість на подолання негативних чинників і загроз); 7) результати управління природоохоронними територіями [2].

Управління природоохоронною територією розглядається як цикл заходів, який має систематично повторюватись і який складається з таких основних фаз:

- визначення мети, цілей і завдань;
- окреслення зовнішніх впливів;
- планування і моделювання;
- мобілізація ресурсів;
- процес та кроки (етапи) управління;
- отримання результатів;
- наслідки;
- аналіз наслідків, оцінка дій, виявлення недоліків;
- отримання висновків щодо потреб і можливостей проведення оцінки, внесення змін щодо встановлених цілей, завдань та/або способу їх реалізації [2].

Підсумовуючи вище сказане, варто наголосити, що застосування методики RAPPAM до оцінки стану територій ПЗФ в Україні допоможе змінити традиційний підхід, який базується переважно на констатації фактів і накопиченні інформації, на динамічне отримання і опрацювання інформації, що дозволить ефективно і вчасно усувати як наслідки дії негативних факторів, так і їх причини, сприяти не консервації ситуації на територіях ПЗФ, а реальному покращенню їх стану і підвищенню ефективності їх функціонування як елементів ПЗФ.

#### Список літератури

1. Закон Про природно-заповідний фонд України. – ВР України, Закон від 16.06.1992 № 2456-ХІІ.
2. Експрес-оцінка стану територій природно-заповідного фонду України та визначення пріоритетів щодо управління ними / Б.Г. Проць, І.Б. Іваненко, Т.С. Ямелинець, Е. Станчу – Львів: Гриф Фонд, 2010. – 92 с.
3. Закон України Про ратифікацію Угоди між Кабінетом Міністрів України та Урядом Федеративної Республіки Німеччина про фінансове співробітництво (асигнування 2011, 2012 та 2013 року), проект «Підтримка природно-заповідних територій в Україні». – ВР України, Закон від 03.02.2016 № 976-VIII.

## АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ВИКОРИСТАННЯ ПЛАСТИКУ ДЛЯ 3D-ДРУКУ В М. СУМИ

*Івацев С. Ю., студент; Аблєєва І. Ю., асистент*

На сьогодні пластмаса активно застосовується як сировина у різних галузях промисловості, не винятком є 3D-друк, який уже активно розвивається в США, Японії, Китаї та інших країнах світу, зокрема і в Україні. У Сумах розвиток 3D розпочався у 2015 році, але поки 3D-друк відбувається за допомогою пластмасових матеріалів. В арсеналі сумської компанії, що займається послугами 3D-друку, числяться такі матеріали: ABS, ABS+, PLA, PA, Nylon, Elastan, PP, PC, PET, CoPET, FLEX. Пластик ABS і PLA є джерелом токсичних випаровувань, які називаються леткими органічними речовинами (ЛОР). Деякі ЛОР можуть становити особливу небезпеку для дітей та підлітків.

Метою роботи є підвищення рівня екологічної безпеки при використанні пластику для 3D-друку.

Результати дослідження, проведені італійським виробником 3D-принтерів WASP, показали, що в ході плавлення і змішування пластика виділяються випари токсичних речовин, серед яких, наприклад, аміак, ціанурова кислота, фенол і бензол. Пластик ABS більш токсичний, ніж PLA, однак і останній не позбавлений ризику небезпечних випарів, особливо, якщо робоча температура перевищує 200 °С. Крім того, один і той же матеріал від різних виробників володіє різним вмістом ЛОР, навіть якщо використовується в одному і тому ж 3D-принтері.

Ще один критично важливий фактор ризику пов'язаний з наночастинками, тобто частинками діаметром менше 1 мікрона, які можуть проникати безпосередньо в альвеоли легенів і епідерміс. Вдихання токсичних ЛОР і наночастинок найчастіше викликає у людини патології легень: бронхіт, трахеїт, астму. У деяких випадках ці речовини також можуть стати причиною раку. Важливо на ранніх стадіях управляти потенційним ризиком від матеріалів для 3D-друку, що дозволить підвищити його переваги і знизити пов'язані з ним ризики.

Таким чином, для вирішення цієї проблеми необхідно інформувати сфери b2b (Business to Business, продавці сировини-пластику – покупці сировини-пластику) і b2c (Business-To-Consumer продають матеріали з пластику – купують матеріали з пластику) про потенційний ризик застосування пластику і його наслідки, технологічні вимоги і стандарти, надавати практичні рекомендації до його використання. Організація заходів, проектів для збору й утилізації використаного пластику, застосування біоматеріалів для 3D-друку допоможе уникнути забруднення середовища, атмосфери і безпосередньо знизити рівень захворюваності населення на перелічені вище хвороби.

## ПЕРЕРОБКА ВІДХОДІВ ГАЗООЧИЩЕННЯ ТЕЦ

*Пляцук Л. Д., професор; М'якаєва Г. М., аспірантка*

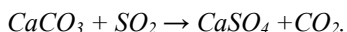
Підприємства теплоенергетики України відносяться до основних забруднювачів навколишнього середовища. Це, насамперед, хімічне забруднення, пов'язане зі значними викидами в атмосферу; забруднення гідросфери органічними і зваженими речовинами, які надходять зі стічними водами; різні види фізичних впливів, таких як теплове та акустичне. Крім того, діяльність теплоелектростанцій пов'язана з утворенням великої кількості відходів різних класів небезпеки, значну частину яких складають золошлакові відходи.

Суттєвим джерелом забруднення гідросфери є фільтрація забруднюючих речовин з території золошлаконакопичувачів та інфільтрація з зони аерації. Технології спалювання вугілля на теплових електростанціях України передбачають видалення золи та шлаків гідравлічним способом та складування їх у золовідвалах. Шлаки та зола доволі токсичні, їх токсичність складається з токсичності поліароматичних вуглеводнів (в основному бенз (а) пірену), важких металів і невідомих органічних токсикантів.

Одним із шляхів попередження негативного впливу є зменшення кількості шламу, який надходить із систем газоочищення. Це досягається переробкою відходів газоочищення.

З метою підвищення рівня екологічної безпеки нами для очищення відхідних газів Сумської ТЕЦ запропоновано застосування вапнякового методу, який дає можливість видаляти сульфур (IV) оксид одночасно із зололовлюванням.

При цьому хемосорбційне очищення проходить за наступною реакцією:



Переваги вапнякового методу: проста технологічна схема; низькі експлуатаційні витрати; доступність і дешевизна сорбенту; можливість очищення без попереднього охолодження і знепилювання відхідних газів. Недоліками методу є заростання обладнання гіпсом, що збільшує гідравлічний опір апарата та перешкоджає його стійкій роботі; корозія обладнання; утворення значної кількості осаду.

Відпрацьований абсорбент подається на фільтрування, після чого очищена вода повертається на приготування абсорбенту, а отриманий у результаті фільтрування шлам, який містить сульфід кальцію відправляють у золовідвал, при цьому він сприяє герметизації дна відвалу та не забруднює ґрунтові води. Можлива переробка шламу в матеріал для дорожнього будівництва, що включає попереднє окислення (сульфіту в сульфат). Таким чином, проблема очищення відхідних газів вирішується, не створюючи додаткової проблеми щодо очищення стічних вод.



## ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЬ ЗАХОРОНЕННЯ ТПВ

*Коцура Н. М., студентка; Лазненко Д. О., доцент*

Сьогодні в Україні спостерігається постійне зростання обсягів утворення та накопичення твердих побутових відходів (ТПВ). Захоронення ТПВ відбувається на полігонах та звалищах, більшість з яких не відповідає екологічним та санітарним вимогам. Практично біля кожного села є санкціоновані або не санкціоновані звалища, які утворені в природніх ярах чи на пустирях. Вирішення наявних проблем практично не можливо в межах одного населеного пункту. Це питання потребує стратегічного планування на регіональному рівні та забезпечення міжмуніципального співробітництва.

Одним з важливих завдань стратегічного планування діяльності у сфері поводження з відходами на регіональному рівні є визначення місць розташування об'єктів поводження з ТПВ, а саме:

- місць захоронення ТПВ;
- перевантажувальних станцій (за необхідності);
- місць розташування об'єктів з оброблення / перероблення ТПВ.

Ієрархія пріоритетів шляхів поводження з відходами, закріпленої Директивою 2006/12/ЕС Європейського парламенту і Ради від 5 квітня 2006 «Про відходи». Відповідно до цієї ієрархії захоронення ТПВ відноситься до останнього пріоритету. Розуміючи, що слід прагнути до збільшення частки перероблення відходів, ми поки що сьогодні не в змозі повністю відмовитися від захоронення ТПВ чи окремих їх компонентів.

Захоронення ТПВ повинно здійснюватися на полігонах ТПВ, які є спеціалізованими інженерними спорудами призначеними для захоронення ТПВ. Полігони ТПВ повинні запобігати негативному впливу на навколишнє природнє середовище і відповідати санітарно-епідеміологічним і екологічним нормам. Забезпечення усіх вимог потребують великих фінансових витрат. З точки зору техніко-еколого-економічного аналізу раціональним є створення регіональних полігонів ТПВ, орієнтованих на обслуговування населених пунктів, розташованих в межах певного радіусу обслуговування.

Для визначення місць розташування полігонів ТПВ слід враховувати сукупні фінансові витрати на транспортування та захоронення ТПВ. При цьому необхідно також враховувати наступні фактори:

- категорії цільового призначення земель;
- відстань до житлової забудови, в т.ч. до місць перспективної забудови;
- потенційні зони впливу: водозабори, поверхневі води, заповідники, курорти тощо;
- розташування об'єктів природно-заповідного фонду та екомережі;
- глибина залягання та захищеність ґрунтових вод;
- залягання корисних копалин;
- інші.

## ВИВЧЕННЯ РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МЕТОДАМИ БІОІНДИКАЦІЇ

*Хижняк Т. О., студентка; Шевченко С. М., доцент*

Однією із глобальних проблем сучасності є проблема забрудненості довкілля, у тому числі атмосферного повітря. Ця проблема з кожним роком загострюється, оскільки посилюється антропогенний вплив на навколишнє середовище, і тому потрібно здійснювати постійний моніторинг за станом довкілля та давати йому екологічну оцінку. Ступінь чистоти повітря можна визначити багатьма методами, але більшість з них дуже складні або дорогі.

Економічна ситуація в Україні зумовлює необхідність пошуку альтернативних варіантів для визначення забруднення атмосферного повітря. Тому доцільно використовувати методи біоіндикації та біотестування, які є значно простішими і не потребують значних матеріальних витрат. Найбільш поширеним методом для оцінки довгострокового забруднення атмосферного повітря використовують ліхеноіндикацію.

Таким чином, пропонується оцінювання якості атмосферного повітря шляхом використання комплексу методів біомоніторингу. Для цього необхідно охарактеризувати лишайники як індикатори якості атмосферного повітря, визначити принципи та ступені забрудненості атмосферного повітря методом ліхеноіндикації, визначити переваги та недоліки методу ліхеноіндикації.

Розподіл лишайників у межах урбанізованих екосистем є закономірним явищем. Це пов'язано не тільки з екологічними властивостями нових та природних екоотопів, але і з атмосферним забрудненням, функціональною структурою, тривалістю та інтенсивністю використання міської території.

Лишайники можна використовувати як індикатори якості повітря. Їх використання в якості таких індикаторів базується на загальній реакції лишайників щодо феномену забруднення в цілому. При вивченні біології та екології лишайників можна очікувати певні закономірності, наприклад:

- чим більш індустріалізоване місто, тим сильніше забруднене його повітря, тим менше зустрічається в ньому видів лишайників, тим меншу площу покривають вони на стовбурах дерев та інших субстратах і тим нижчою є їх життєздатність;
- при підвищенні ступеню забрудненості повітря першими зникають кучові лишайники, за ними - листові і останніми - накипні.

Аналізуючи флору лишайників можна сказати, з певною мірою припущення, що, наприклад, якщо кількість  $SO_2$  в повітрі перевищує  $0,3 \text{ мг/м}^3$  – повітря забруднене (лишайники відсутні), помірно забруднене повітря  $0,05 - 0,2 \text{ мг/м}^3$  (лишайники *Xanthoria*), менше  $0,05 \text{ мг/м}^3$  – повітря відносно чисте (*Parmelia*, *Alectoria*). Крім  $SO_2$  лишайники чутливі до  $HF$ ,  $HCl$ ,  $NO_x$ ,  $O_3$ .

## БІОТЕСТУВАННЯ, ЯК ЕФЕКТИВНИЙ МЕТОД ОЦІНКИ ЯКОСТІ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

*Мельник О. П., магістрант; Пляцук Л. Д., професор*

Забруднення навколишнього середовища та як наслідок погіршення здоров'я населення зумовлюють актуальність пошуку і розробки ефективних способів утилізації промислових відходів, біоіндикації і моніторингу екологічного стану антропогеннозміненого середовища [1]. Для дослідження довкілля використовують різні методи, які умовно поділяють на хімічні та біологічні.

Біотичний підхід є сучасною тенденцією в екологічному контролі шкідливих впливів, оскільки хімічний аналіз свідчить лише про наявність «маркерів» – певних концентрацій забруднювачів і нічого не говорить про стан і перспективу розвитку різних компонентів біоти й екосистеми в цілому.

Тому гострою й актуальною проблемою екологічного контролю є вибір інформативних біологічних показників та адаптація біологічних методів для екоконтролю. Як показують результати досліджень, до ефективних, тобто чутливих, біоіндикаторів (тест-об'єктів) відносяться представників наземних та водних біоценозів різних таксономічних груп: мікроорганізми, рослини, тварини, симбіотичні організми.

Роботи щодо використання вищих грибів у якості біоіндикаторів поодинокі. Вивчення реакцій окремих видів на забруднення різних типів може послужити у проведенні якісного та всебічного тестування навколишнього середовища. Отже, використання макроміцетів у діагностиці екологічного стану довкілля відкриває новий напрямок їх практичного застосування. Окрім того, актуальним є удосконалення методів біологічного моніторингу, котрі передбачають ідентифікацію забруднюючих речовин та встановлення їх концентрації. У науковій літературі з'являється все більше способів біотестування навколишнього середовища [2-4].

Зокрема, розроблено спосіб визначення оцінки токсичності забруднених ґрунтів фосфогіпсом методами фітотестування і встановлення залежності «доза-ефект» із подальшим обґрунтуванням методичних рекомендацій для розробки експрес-методу кількісного визначення відповідних концентрацій відходу у ґрунті.

У якості чутливих тест-об'єктів для оцінки гострої токсичності ґрунтів забруднених сухим фосфогіпсом за зміною довжини корінців використовують насіння редису звичайного та цибулі ріпчастої.

Метод біотестування на цибулі та редисі – легкий і чутливий спосіб для визначення загальної токсичності [3]. Критерієм токсичності у фітотесті було інгібування корінців по відношенню до контролю та відсоток проростання насіння. Тара заповнювалась досліджуваними зразками – 8 стаканчиків для кожної концентрації та контролю. Контролем слугував чистий ґрунт (чорнозем), тестові зразки - чорнозем сумісно з відвальним

фосфогіпсом за його масового вмісту 100%, 50%, 25%. Через 3 діб визначали кількість пророслого насіння, а через 6 діб - вимірювали довжину коренів і висоту пагонів для кожного зразка проб. Отримані показники у дослідних варіантах виражали у відсотках щодо контролю. Наприкінці бачимо, що дослідження засвідчили високу чутливість росту пагонів до дії фосфогіпсу, навіть при низьких концентраціях (25%). Досліджувана тест-реакція дає можливість зафіксувати токсичність слабо забруднених ґрунтів на територіях фосфогіпсових висипів. Зі зростанням концентрації фосфогіпсу у ґрунті ріст пагона поступово пригнічувався в обох досліджуваних об'єктах. За дії чистого фосфогіпсу пагін не розвивався.

Дослідження проблеми використання рослин для біотестування ґрунтів з метою визначення рівня екологічної безпеки показало наступне:

Методи біотестування ґрунтуються на вивченні особливостей зворотної реакції тест-організмів на дію комплексу негативних факторів і дозволяють визначити рівень екологічної безпеки. Для цього фіксують ступінь відхилення від норми параметрів анатомоморфологічних, фізіологічних, біохімічних, генетичних, імунних та інших систем тест-організмів, які контрольний час перебували в умовах забруднення.

Тест-організми повинні мати вузький діапазон чутливості до дії факторів (стенобіонти) та відповідати таким вимогам: висока чутливість до дії факторів; особливості зворотної реакції тест-організма повинні бути добре відомими і близькими до реакції організмів за лабораторних умов.

Запропонований метод біотестування техногенно забруднених ґрунтів, відповідає зазначеним вище вимогам і може успішно використовуватись для встановлення ступеня екологічної безпеки навколишнього середовища.

#### Список літератури

1. Мелехова О. П. Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студентов вузов / О. П. Мелехова, Е. И. Сарапульцева, Т. И. Евсеева – М.: Академия, 2007. – 287 с.
2. Биосорбент для очистки водоемов от нефтепродуктов на основе бактерий и дрожжевых грибов / Хабибуллина Ф. М., Арчегова И. Б., Ибатуллина И. З. и др. // Патент 2318736 Россия МПК 7 C02F 3/34, Ин-т биологии КНЦ УрО РАН № 2006104082/13, заявл. 10.02.06; опубл. 10.03.08. // Бюл. № 4.
3. Маджд, С. М. Удосконалення контролю техносфери сучасними біологічними методами // Екологічна безпека та природокористування. - 2015. - № 3 <http://er.nau.edu.ua:8080/handle/NAU/23385>
4. Спосіб біотестування забруднення навколишнього середовища полюгантами з використанням грибів / Сухомлин М. М., Куткова О. В. // Патент 41752 Україна МПК (2009) A01H 15/00, A01G 7/00, Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, № u200814059; заявл. 05.12.08; опубл. 10.06.09. // Бюл. № 11.

## ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

*Пляцук Л. Д., професор; М'якаєв О. В., аспірант*

Існуючі рішення з обґрунтування кількісних оцінок техногенного впливу носять, зазвичай, вузькоспеціалізований характер і залежать від того, що саме мається на увазі під визначенням поняття «техногенне навантаження». Згідно Рекомендації ВОЗ кількісною мірою техногенного навантаження є ризик, що визначається як «очікувана частота небажаних ефектів, що виникають від заданої дії забрудника»», тоді як Американське Агентство Охорони Довкілля (EPA US) характеризує його як «ймовірність ушкодження, захворювання або смерті при певних обставинах».

У сучасній практиці аналіз негативних наслідків експлуатації промислових виробництв будується за різними методологічними схемами. Їх можна класифікувати як методи, основані на :

- систематизації якісних експертних характеристик виробничих процесів і структурних частин ландшафту, диференційованого по компонентному складу;
- порівняльному аналізу відповідності кількісних параметрів дії фоновим значенням або нормативним межам для конкретних географічних об'єктів або екосистем суші і водойм, тобто літосфери, гідросфери, біосфери, атмосфери (диференціація, альтернативна територіальному районуванню);
- експертному аналізу функціонування джерел дії (джерел утворення і поширення забруднюючих речовин або джерел порушення динаміки теплового і водного режиму харчування) і реакції у відповідь об'єктів дії, в якості яких служать територіальні одиниці районування(екосистеми певного рангу).

Першу групу складають багаточисельні методи оцінки техногенного впливу, в результаті яких по описах комплексу ознак складаються бальні(індексні) шкали приватних характеристик і деякого сукупного показника.

Порівняльний аналіз відповідності кількісних параметрів дії нормативним межам для конкретних географічних об'єктів екосистем суші і водойм припускає вимір показників або їхнє прогнозування відповідними модельними розрахунками. Найбільш використовуваними критеріями якості екосистем є ГДК.

Третю групу складають методи засновані на інвентаризації джерел поширення забруднюючих речовин і джерел порушення динамічних природних процесів, на виділенні деяких територіальних одиниць ландшафту як об'єктів техногенного навантаження.

Серед цієї групи методик оцінки техногенного навантаження необхідно відмітити інженерний метод. Він базується на застосуванні теорії надійності і передбачає виявлення можливих шляхів виникнення відмов на об'єктах підвищеної небезпеки з розрахунком ймовірності їх виникнення.

## ІНФРАЗВУК ТА ЙОГО ВПЛИВ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

*Ракітянський М. М., студент; Аблєєва І. Ю., асистент*

У виробничих умовах інфразвук утворюється при роботі компресорів, турбін, дизельних двигунів, промислових вентиляторів та інших великогабаритних машин, що здійснюють обертові та зворотно-поступальні рухи, а також турбулентні процеси, що виникають під час руху великих потоків газів або рідин. Всебічне вивчення біологічної дії інфразвуку свідчить про те, що інфразвук чинить вплив на функціональний стан організму, несприятливо діючи на нервову, серцево-судинну системи, функцію дихання, стан слухового та вестибулярного аналізаторів.

Метою роботи є визначення характеру впливу інфразвуку на людину.

Внаслідок тривалої дії низькочастотних коливань у працюючих спостерігається слабкість, зниження працездатності, з'являється дратівливість і погіршення сну. Особливої уваги заслуговує дія інфразвуку на емоційну сферу людини, на її працездатність і втомлюваність, а у деяких осіб навіть спостерігається порушення психіки.

Встановлено, що у осіб, які перебувають на відстані 200–300 м від реактивних літаків, з'являється відчуття безпричинного страху, підвищується артеріальний тиск, трапляються випадки непритомності. При роботі реактивних двигунів виникає струс грудної клітки, спостерігається стан, що нагадує морську хворобу, розвивається запаморочення, нудота.

Низькочастотні коливання сприймаються як фізичне навантаження, у людини збільшується загальна витрата енергії, знижується гострота зору і слуху. Інфразвук із рівнем звукового тиску до 150 дБ знаходиться в межах витривалості людини тільки при короткочасній дії, а з рівнем понад 150 дБ зовсім не переноситься людиною. Особливо несприятливу дію чинить інфразвук з частотою коливань від 2 Гц до 15 Гц внаслідок виникнення резонансних явищ в організмі. Найнебезпечнішим для людини є інфразвук з частотою 8 Гц, оскільки він може збігатися з  $\alpha$ -ритмом біострумів мозку.

Отже, інфразвук як професійний чинник може несприятливо впливати на організм людини і чинити специфічну дію на орган слуху. Причиною такої біологічної дії інфразвуку є те, що він сприймається не тільки слуховим аналізатором, а всією поверхнею тіла людини.

Таким чином, для захисту від інфразвуку необхідно розробляти комплекс заходів, серед яких найбільш дієвими є: зниження інфразвуку у джерелі виникнення шляхом зміни режиму роботи технологічного обладнання – збільшення його швидкості, щоб основна частота силових імпульсів лежала за межами інфразвукового діапазону; використання глушників інтерференційного типу, звукопоглинаючих панелей, кожухів для області низьких частот, навушників, вкладишів, що захищають вухо від несприятливої дії супутнього шуму.

## ЗАСТОСУВАННЯ НАЙКРАЩИХ ДОСТУПНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА МЕТОДІВ КЕРУВАННЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ УКРАЇНИ

*Скнаря О. О., магістрант; Лазненко Д. О., доцент*

Запровадження на промислових підприємствах підходів комплексного запобігання і контролю забруднень (КЗКЗ) є одним з пріоритетних завдань України. В основі КЗКЗ є запровадження найкращих доступних технологій та методів керування (НДТМ) на технологічному устаткуванні, що здійснює найбільше навантаження на довкілля.

Сьогодні єдиним документом, що регламентує обов'язковість застосування НДТМ є «Інструкція про загальні вимоги до оформлення документів, у яких обґрунтовуються обсяги викидів, для отримання дозволу на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами для підприємств, установ, організацій та громадян – підприємців», яка затверджена Наказом Мінприроди України від 09.03.2006 N 108. Перелік виробництв та технологічного устаткування, які підлягають до впровадження НДТМ близький до переліку, закріпленого відповідними Директивами ЄС.

При цьому в Українській нормативній базі відсутні визначення НДТМ. Оскільки принципи КПКЗ закладені в Директиві Ради Європи 96/61/ЕС від 24 вересня 1996 року стосовно Інтегрованої системи попередження забруднення та боротьби з ним, НДТМ розуміють саме в трактуванні цієї та наступних директив ЄС.

“Найдосконаліша доступна технологія” означає найефективніші й найбільш розвинуті види діяльності і методи керування, що визначають практичну придатність окремих видів технологій для забезпечення в принципі бази, яка дає змогу дотримуватися граничних значень викидів, встановлених для запобігання забрудненню, а у випадках, коли це неможливо, загалом знижувати рівень викидів та їх вплив на довкілля.

В ЄС створено Європейське бюро КЗКЗ, на сайті якого розміщуються довідники з НДТМ. Розміщено 26 галузевих довідників та 7 «горизонтальних». Хоча це документи, що містять дуже корисну інформацію щодо запобігання впливам на довкілля та застосування сучасних методів «кінця труби» вони для Українських підприємств носять довідковий характер оскільки розроблялися для країн ЄС, і не враховують місцевих умов України.

В Україні сьогоднішні з одного боку потрібно запроваджувати НДТМ, з іншого боку відсутні НДТМ та критерії віднесення технічних рішень до НДТМ. Для вирішення цієї проблеми необхідно на державному рівні визначити інституційні структури, на які буде покладена функція визначення НДТМ для відповідних галузей України. На перехідному етапі може бути прийнятий нормативний акт, який закріпить необхідність застосування в Україні НДТМ, прийнятих для Європейського Союзу.

## ЗНИЖЕННЯ ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ВИРОБНИЦТВА ДЕПО СМОРОДИНО

*Василенко А. І., магістрант; Соляник В. О., доцент*

Локомотивне депо “Смородино” є одним із підприємств, які найбільш негативно впливають на навколишнє середовище в місті Тростянець.

Локомотивне депо займається ремонтом і експлуатацією тепловозного парку, який використовується для переміщення пасажирських та вантажних складів. До складу депо входять: ремонтний цех, автомобільно-тракторна ділянка, склад палива, бокси для тепловозів, приміщення обслуговування персоналу, і т.д. На території депо знаходяться 35 джерел викиду забруднюючих речовин в атмосферу, з них 5 - неорганізованих. Кількість викиду забруднюючих речовин в атмосферу складає 572,47 т/рік.

Найбільш суттєвий вплив спричиняють викиди аміаку, оксиду вуглецю, сполук азоту, сажі, речовин у вигляді суспендованих частинок. Крім того дане підприємство є джерелом утворення парникових газів (метан, окис азоту, діоксид вуглецю) [1].

На підприємстві знаходяться ГОУ типу адсорбера з вугільним фільтром, пилоосаджувальна камера, а також група з 2 циклонів. Дані очисні установки є застарілими за віком, а останній ремонт ГОУ відбувся ще в 2005 році [2]. А, отже, головним завданням дипломного проекту стане розробка більш досконалої очисної установки, яка б допомогла збільшити ступінь очистки забрудненого повітря.

Окрім впливу на атмосферу локомотивне депо також утворює достатньо велику кількість стічних вод та твердих відходів.

За рік підприємство споживає 5,5 тис. м<sup>3</sup> води. Найбільш поширеними забруднюючими речовинами є нафтопродукти, феноли, хлориди, звивисті речовини.

Забруднена вода з локомотивного депо подається на очистку до адсорбційних фільтрів, попередньо пройшовши через нафтовловлювачі. З очисних споруд локомотивного депо вода потрапляє до міської каналізації.

Що стосується утворення твердих відходів, то на території депо утворюються відходи як і 1 класу небезпеки (люмінесцентні лампи, свинцеві батареї), так і 4 (металобрухт, сміття). Всі відходи, що утворюються на території депо, вивозиться на спеціальні підприємства.

### Список літератури

1 Звіт про охорону атмосферного повітря за 2016 рік, затверджений Наказом Держстату № 345 від 27.11.2015 р.

2 Утворення та поводження з відходами за 2016 рік. Затверджено Наказом Держстату України № 243 від 19.08.2014 р.



## ПЕРСПЕКТИВА ВИКОРИСТАННЯ ГЕЛІОСИСТЕМ В УКРАЇНІ

*Нишпоренко Р. В., студент; Рой І. О., асистент*

Передумовами стабільного розвитку як держави в цілому, так і благополуччя окремих її громадян є широке використання відновлювальних джерел енергії та застосування безпечних для довкілля енергетичних технологій. В умовах сучасного розвитку країни актуальним є завдання зростання частки використання відновлюваних джерел енергії по відношенню до інших енергоносіїв, що є запорукою гарантії високого рівня статків та життєвих стандартів для наступних поколінь.

Інтерес до геліосистем викликаний в першу чергу негативною тенденцією розвитку традиційної енергетики зумовленою двома чинниками – швидким виснаженням природних ресурсів та забрудненням навколишнього середовища. За даними ООН, вже наприкінці 21 століття передбачається виснаження основного виду викопного палива – покладів вугілля.

Встановлено, що Україна тільки на 43% може забезпечити потреби в паливі за рахунок своїх національних ресурсів. Єдиний шлях стабілізувати стан енергоспоживання в Україні – це енергозбереження до 43–47% всього енергоспоживання. Одним із способів зменшення витрат енергоресурсів є використання геліосистем в комунально – побутовому секторі, підприємствах та в приватних оселях.

За кліматичними умовами Україна належить до регіонів із середньою інтенсивністю сонячної радіації. Кількість сонячної енергії, що надходить на одиницю площі протягом року становить 1000–1350 кВт·год/м<sup>2</sup>. За рівнем інтенсивності сонячного випромінювання країна може бути поділена на чотири регіони – Західний, Центральний, Південно-східний і Південний. Середня інтенсивність сонячного випромінювання складає близько 1200 кВт·год/м<sup>2</sup>.

Реалізовані в останні роки експериментальні проекти показали, що річне вироблення теплової енергії в умовах України становить 500–600 кВт·год/м<sup>2</sup>. Враховуючи загальноприйнятий потенціал використання сонячних колекторів для розвинених країн, що становить 1 м<sup>2</sup> на одну людину, а також продуктивність сонячних установок для умов України, щорічні ресурси сонячного гарячого водопостачання та опалення можуть скласти 28 млрд. кВт·год теплової енергії. Реалізація такого потенціалу дозволить заощаджувати 3,4 млн. т.у.п. на рік.

На сьогодні в Україні активно досліджується питання щодо отримання теплової енергії для обігріву помешкань та гарячого водопостачання, особливо в приватних оселях та багатоквартирних будинках. Сучасний рівень розвитку технології гарячого водопостачання із використанням геліосистем дозволяє на 60–80% забезпечити потребу в гарячій воді, що в перспективі може створити передумови зростання енергетичної незалежності від газу та інших енергоресурсів та знизити рівень техногенного навантаження на навколишнє середовище.

## ЗНИЖЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ ВИЩИМИ НАВЧАЛЬНИМИ ЗАКЛАДАМИ

*Щербак А. І., магістрант; Лазненко Д. О., доцент*

Вищі навчальні заклади (ВНЗ) відіграють важливу роль в формуванні екологічної свідомості та освіченості суспільства.

При цьому самі ВНЗ також здійснюють певне навантаження на довкілля. Хоча величина антропогенного навантаження ВНЗ на навколишнє середовище значно менша за промисловий сектор, цьому питанню повинно приділятися особлива увага. Неможливо готувати осіб, які будуть приймати на своєму робочому місці управлінські рішення з урахуванням принципів концепції сталого розвитку, якщо ВНЗ не демонструє це на власному прикладі. Яскравими прикладами в цьому напрямі може бути системна діяльність в напрямі зниження викидів парникових газів. Така діяльність є добровільною, вимагає розуміння загальних підходів і методології та певних витрат ресурсів.

Основні викиди парникових газів, що спричинені діяльністю ВНЗ, зумовлені споживанням ними теплової та електричної енергії. І, таким чином, заходи спрямовані на підвищення ефективності використання енергоресурсів будуть супроводжуватися зниженням викидів парникових газів. При цьому слід розуміти, що проекти, спрямовані на зниження викидів парникових газів мають свої особливості та жорсткі вимоги.

Основні завдання, що потребують визначення для запровадження системної роботи зі зниження викидів парникових газів в ВНЗ:

- 1) визначення умовних меж проекту, в яких буде отримано результат;
- 2) визначення та формалізація базового (інерційного) сценарію розвитку ситуації у відсутності проекту та розрахунок базових викидів парникових газів;
- 3) визначення проектного (прогнозного) сценарію розвитку ситуації та розрахунок проектних викидів парникових газів;
- 4) розрахунок прогнозних обсягів зниження викидів парникових газів;
- 5) визначення методів та створення системи моніторингу викидів парникових газів;
- 6) реалізація запланованих заходів та моніторинг отриманих скорочень.

Кожна з складових такої діяльності має свою специфіку. Міжнародні методики, що використовуються для розрахунків зниження викидів парникових газів розташовані на сайті Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (<http://unfccc.int>).

Також слід зазначити, що запровадження системної роботи в ВНЗ зі скорочення викидів парникових газів додатково супроводжується підвищенням якості діяльності в напрямі енергоефективності та загального зниження навантаження на довкілля.

## АНАЛІЗ ПРИЧИН ВИРОБНИЧОГО ТРАВМАТИЗМУ В УКРАЇНІ

*Басов Б. С., студент; Аблієва І. Ю., асистент;  
Батальцев С. В., асистент*

Рівні виробничого травматизму і професійної захворюваності є основними показниками стану охорони праці. На сьогодні профспілки оцінюють ступінь травматизму на виробництві як критичний. Не дивлячись на щорічну оптимістичну динаміку зниження кількості нещасних випадків, пов'язаних з виробництвом, за даними Держгірпромнагляду, рівень виробничого травматизму в Україні залишається високим.

Мета роботи полягає у визначенні причин виробничого травматизму з урахуванням думки об'єднань роботодавців, державних органів нагляду за охороною праці та громадськості.

Серед багатьох факторів, що зумовлюють критичний стан виробничого травматизму, можна виділити три основні:

1. Незадовільні умови праці, що не відповідають санітарно-гігієнічним вимогам: у добувній промисловості 71,3 % від загальної кількості працюючих; на виробництві коксу та продуктів нафтопереробки – 59,0 %; готових металевих виробів – 52,8 %; на виробництві хімічних речовин і хімічної продукції – 41,0 %; у постачанні електроенергії (та ін.) – 33,0 %.

2. Надзвичайно великі обсяги тіньової зайнятості – близько 4,8 млн працівників працюють без офіційного оформлення трудових відносин з роботодавцем. Це сектор, що не охоплений державним наглядом у сфері праці та охорони праці, та відповідним державним статистичним спостереженням. Саме в ньому відбувається масове приховування нещасних випадків на виробництві.

3. Наявність значних недоліків у виконанні державної політики (законодавства) з охорони праці, формуванні державної системи управління охороною праці, запровадженні економічних методів стимулювання роботодавців щодо попередження настання нещасних випадків на виробництві.

Статистичні дані за період 2009 – 2013 рр. свідчать, що в Україні в середньому щорічно на виробництві реєструвалось 12,7 тис. нещасних випадків, в яких травми отримали 13,0 тис. працівників.

У середньому в Україні щорічно реєструвалось 192 групових нещасних випадки, у тому числі 61 зі смертельним наслідком.

Таким чином, в Україні у період 2009 – 2013 рр. спостерігається високий рівень виробничого травматизму, що пов'язано з низькою ефективністю заходів роботодавців та зниженням впливу діяльності працівників територіальних управлінь Держгірпромнагляду. Тому необхідно стабілізувати більшість показників питомої ваги потерпілих від нещасних випадків за рахунок привернення більшої уваги з боку контролюючих органів.

## ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА СТАН РІЧКИ СУМКИ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА СУМИ

*Кузьміна Т. М., доцент; Спорши О. О., магістрант, СумДУ, м. Суми, Україна;  
Лагуд Г., доцент, Університет «Люблінська Політехніка», м. Люблін, Польща;  
Бабко Р. В., ст. наук. співроб., Інститут зоології НАНУ, м. Київ, Україна*

Річка Сумка – права притока I порядку річки Псел (басейн Дніпра) – за класифікацією, прийнятою у Водному кодексі України, належить до малих річок. Площа її басейну – 385 км<sup>2</sup>, довжина, згідно з Паспортом [1], становить 29 км, згідно з Екологічним паспортом Сумської області[2] – 38 км. Довжина, визначена за Google maps [3] – 29 км, включно з ставком в с. Новосуханівка, з якого нині витікає Сумка. Між с. Новосуханівка і м. Суми русло Сумки перетинає два ставки і Косівщинське водосховище.

Ситуація на ділянці річки довжиною близько 5 км на території м. Суми, зокрема, кількість, і якість води в ній, у значній мірі визначається впливом Косівщинського водосховища. Водосховище створює комплекс проблем, включно з підтопленням частини території міста, значними втратами води на випаровування і, як наслідок, хронічною маловодністю Сумки. Крім того, загальновідомо що водосховища мають дуже низький самоочисний потенціал, у таких водоймах прогресують процеси накопичення наносів, «цвітіння» води, розростання вищих водних рослин і, як наслідок – вторинне забруднення. Все це обумовлює надходження з Косівщинського водосховища у Сумку води вкрай низької якості.

Наявні допливи Сумки, що впадають на території м. Суми – р. Стрілка і р. Попадька, практично знищені, так само, внаслідок створення на їхніх руслах ставків, і тому участі у формуванні стоку Сумки майже не беруть.

Русло і заплава Сумки на території міста піддані значним трансформаціям. На сьогодні русло Сумки на території міста практично по всій довжині штучно прокопане і таким способом позбавлене меандрів, плес і перекатів. Такі трансформації завдають нищівного удару екосистемі річки, критично знижуючи її самоочисний потенціал. Зведено нанівець і рибопродуктивність Сумки, оскільки умови тут непридатні для існування більшості водних організмів.

Потужним джерелом негативного впливу на річку з території міста є трансформована заплава і схили долини. Забудова заплави і схилів долини призвела до збільшення площі нефільтруючих поверхонь (будівлі, дороги, доріжки, майданчики) і, як наслідок, до багатократного збільшення об'ємів поверхневого стоку, з яким у русло надходять дощові і талі снігові води, забруднені продуктами руйнування твердих покриттів, змитим ґрунтом і піском, нафтопродуктами, важкими металами, сміттям. З городів, розташованих у заплаві, зокрема, в межах прибережних захисних смуг, до річки зноситься змитий-ґрунт разом з добривами і пестицидами. Окрім цього, не всі садиби забезпечені системами водовідведення, внаслідок чого

неочищені господарсько-побутові стоки потрапляють у річку. Перелічені фактори спричиняють забруднення води і замулення русла і, як результат, якість води у Сумці, у межах міста є незадовільною і не відповідає санітарним нормам.

Так, за даними лабораторії фізико-хімічних досліджень кафедри хімії Сумського державного педагогічного університету, у воді Сумки на території міста в 2000-2003 роках мало місце перевищення ГДК ртуті від 3 до 83 разів; у 2008 р. спостерігалось 38,66 ГДК свинцю і 2,11 ГДК нікелю. Ці ж метали у значних кількостях виявлялися і в донних відкладах. Під час досліджень 2000-2002 і 2007-2009 рр. у воді Сумки реєструвалися кількарізкові перевищення ГДК нітратів, нітритів, іонів амонію і фосфатів [4].

Акумуляції забруднень на спрямленій ділянці у центрі міста сприяє бетонна гідроспоруда, яка перекидає потік під мостом на пр. Шевченка. Вона спричиняє зниження швидкості течії і, відповідно, накопичення тут мулу, піску і забруднюючих речовин, що надходять з вище розташованої ділянки русла та з території міста.

Крім названих факторів, слід згадати ще один – вживання неадекватних, необґрунтованих заходів для «відродження та підтримання сприятливого гідрологічного стану річок», у тому числі й Сумки. Такими заходами протягом останніх десятиріч були проведення днопоглиблювальних робіт і реконструкція гідротехнічних споруд – тобто, дії, спрямовані на підсилення тих самих негативних факторів, які й спричинили існуючий незадовільний стан річок.

На противагу, такому підходу, сучасний менеджмент водних ресурсів у країнах Європи базується на визнанні того факту, що більш вигідним і доцільним є повернення водним об'єктам їх природних властивостей – відновлення гідроморфологічних характеристик річок – гідрологічного режиму, морфологічних параметрів русла, відновлення водних живих ресурсів, відтворення природних умов формування стоку – відновлення рослинності у заплавах і на схилах долин, зменшення обсягів поверхневого стоку дощових і талих снігових вод з сільських територій та сільськогосподарських угідь і, завдяки цьому, відновлення якості води і рекреаційного потенціалу річок на територіях населених пунктів [5].

#### Список літератури

1. Паспорт р. Сумка. – Укргипроводхоз. – Киев, 1991.
2. Екологічний паспорт Сумської області станом на 01.01.2014 р. – Суми, 2014. – 126 с.
3. <https://www.google.com.ua/maps/>
4. Данильченко О.С. Річка як індикатор ландшафтно-екологічної ситуації ( на прикладі р. Сумки). Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2011, т. 4 (25). – С. 179-188.
5. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС.– К., 2006. – 240 с.

## КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ УТИЛІЗАЦІЇ НАФТОВИХ ШЛАМІВ

*Аблєєва І. Ю., асистент; Пляуцк Л. Д., професор; Москаленко Д. Ю., студент*

Проблема впливу підприємств нафтогазової промисловості на стан атмосферного повітря, поверхневих та підземних вод, ґрунтового-рослинного покриву не втрачає актуальності і на сьогодні [1]. Нафтова промисловість в силу специфіки своєї діяльності є потенційно небезпечною для довкілля. Це обумовлено токсичністю вуглеводнів, що видобуваються із супутніх їм речовин, та відносяться до 3–4 класів небезпеки.

Одними з істотних джерел забруднення навколишнього середовища є нафтошлами – нафтовмісні відходи, які утворюються у процесі видобутку нафти, промислової експлуатації родовищ та буріння свердловин, очищення технологічного обладнання тощо. Складність переробки та утилізації нафтових шламів, що є важливою екологічною та економічною задачею, пов'язана з відмінністю фізико-хімічних властивостей шламів різного походження. Не зважаючи на те, що це цінна вторинна сировина, яка може бути використана в різних галузях промисловості, ступінь утилізації та використання відходів невисокий, що призводить до їх концентрації на полігонах та в шламонакопичувачах [2].

Мета роботи полягає у підвищенні рівня екологічної безпеки територій за рахунок впровадження раціональної комплексної системи поводження з відходами нафтопереробки.

Найбільш небезпечними для довкілля є об'єкти, що мають незадовільний стан протифільтраційних екранів. До них у першу чергу можна віднести місця тимчасового зберігання та розміщення нафтовмісних відходів, характерних для України, таких як шламонакопичувачі, аварійні та шламові амбари, ставки-відстійники, нафтовловлювачі. Також створюють додаткове навантаження на довкілля об'єкти з пошкодженими гідроізоляційними екранами. Ці об'єкти відносяться до постійно діючих джерел забруднення навколишнього природного середовища (ґрунтів, поверхневих і підземних вод) відходами нафтопереробки. У зв'язку з незадовільною екологічною ситуацією виникла необхідність розробки новітніх, екологічно безпечних технологій з утилізації нафтошламів.

Відомі на сьогодні способи поводження з нафтовими шламами ґрунтуються на таких основних процесах: термічному, фізичному, хімічному, фізико-хімічному та біохімічному. Як показує вітчизняний та світовий досвід у галузі переробки цього виду відходів, жоден з методів не дозволяє вирішити поставлену задачу. Досягти ефективності можна лише при впровадженні комплексної системи поводження з відходами нафтопереробки. Системний підхід передбачає розгляд процесу переробки нафтових шламів як системного цілого, що складається із множини взаємопов'язаних елементів, тобто стадій процесу, на кожній з яких застосовується відповідний метод.

Спочатку доцільно проводити розділення шламу на фази за допомогою фізичних та фізико-хімічних способів (відстоювання, центрифугування, екстракція, коагуляція, флокуляція). У якості екстрагенту нафтових вуглеводнів з відходів використовують надкритичні флюїди, зокрема надкритичний карбон (IV) оксид – CO<sub>2</sub>. Ця речовина за критичних значень температури і тиску (T<sub>кр.</sub> = 31,1 °C, P<sub>кр.</sub> = 7,38 МПа) володіє властивостями, проміжними для рідини і газу, що пояснює високу розчинну здатність неполярних сполук. Ефективність екстракції нафти становить 97,3 % [3].

За невисокого вмісту органічних речовин у шламi застосовують біохімічне знешкодження, в основі якого лежать окисні властивості спеціально підібраних штамів мікроорганізмів, специфічних для нафти.

Відділену тверду фазу використовують для виготовлення будівельних матеріалів і дорожнього покриття, асортимент яких може варіюватися залежно від обраного мінерального в'язучого. При застосуванні композиції на основі фосфогіпсового в'язучого, отриманого з фосфогіпсу відвального, бурового шламу, негашеного вапна і води одержують екологічно безпечні будівельні матеріали типу гіпсобетон [4].

Таким чином, представлені дані указують на надзвичайну небезпеку нафтових відходів для природних систем. Звідси випливає необхідність суворого контролю вмісту нафтопродуктів в об'єктах навколишнього середовища за рахунок впровадження раціональної комплексної системи поводження з нафтовими шламами. Запропоновано використовувати відомі методи на різних етапах загального процесу переробки відходів для досягнення його максимальної ефективності та вилучення цінних продуктів.

#### Список літератури

1. Мазлова Е.А. Шламові відходи нафтогазових компаній / Е.А. Мазлова, І.А. Меньшикова // Захист довкілля в нафтогазовому комплексі. – 2010. – № 1. – С. 22–21.
2. Баширов В.В. Характеристика нафтошламових амбарів і їх вплив на навколишнє природне середовище / В.В. Баширов та ін. // Захист від корозії охорона навколишнього середовища: Експрес-інформація. – М.: ВНПОЕНГ, 2003. – № 9. – С. 15 –2 6.
3. Сидоренко О. Н. Очистка почв от нефти и нефтепродуктов экстракцией сверхкритическим диоксидом углерода / О. Н. Сидоренко, А. А. Чайка // Перспективы развития технологии переработки углеводородных, растительных и минеральных ресурсов : мат-лы IV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Иркутск, 24–25 апреля 2014 г.). – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2014. – С. 181–183.
4. Ablicieva I. Yu. The immobilization of heavy metals during drilling sludge utilization / I. Yu. Ablicieva, L.D. Plyatsuk // Environmental Technology & Innovation. – 2016. – Vol. 6. – P. 123–131.

## ДОСЛІДЖЕННЯ І ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ МІСЬКИХ ОЧИСНИХ СПОРУД М. ШОСТКА

*Костенко В. А., магістрант; Соляник В. О., доцент*

Одне із завдань захисту водного середовища пов'язане з очищенням від сполук фосфору, які обумовлюють евтрофікацію поверхневих водойм, що в значній мірі визначає екологічну ситуацію в р. Шостка.

Робота очисних споруд в м. Шостка заснована на застосуванні традиційної біотехнології, дає низьке вилучення фосфатів (до 20-30%) і не забезпечує ефективного видалення нітратів, що утворюються в ході нітрифікації. В результаті нормативи скидання азоту і фосфору не виконуються. Найбільш гостро стоїть проблема забезпечення нормативів по скиданню фосфору.[1]

Мета роботи – оптимізація режимів роботи очисних споруд м. Шостки з використанням біотехнологій нітриденітрифікації та біологічної дефосфатації

Обстеження роботи старих і переоснащених аераційних систем показало, що в умовах низької забрудненості стічних вод по БПК нижню межу зниження інтенсивності аерації визначається не тільки кисневим режимом в аеротенках, так і питомою поверхневого навантаження по повітрю. Зроблено висновок, що повністю переваги енергоефективних аераційних систем можуть бути використані при реалізації функцій аерації і перемішування різними особистими системами. Інший резерв економії електроенергії пов'язаний з низькою концентрацією БПК, що дозволяє в аеротенках працювати з високим ступенем нітрифікації. Використання денітрифікації дозволяє повернути значну частину кисню, витраченого на окислення амонійного азоту, і таким чином додатково зменшити необхідну кількість кисню, який подається.

Вилучення та видалення фосфору базується на виведенні його з системи в складі надлишкового активного мулу.

Для оптимального протікання процесів нітриденітрифікації і біологічної дефосфатації аеротенки розділені на технологічні зони, в кожній з яких підтримуються умови, необхідні для реалізації стадій видалення конкретних біогенних елементів.

Регулювання обсягу подачі повітря за допомогою загальної засувки на воздуховоді дозволяє регулювати інтенсивність аерації відповідно до необхідності [2]. Без управління процесами аерації обсяг подачі повітря зберігається постійним, в той час як енергоспоживання змінюється відповідно до масових витрат і політропного ККД. Регулювання режимів роботи даної системи дозволяє знизити споживання електроенергії на 20-25%, тобто заощадити за рік понад 50000 тис. грн.





а)



б)

Умовні позначення:




-  — зона нитрифікації (аеробні умови);
-  — зона денітрифікації (аноксидні умови);
-  — зона дефосфації (анаеробні умови).

Рисунок - Схеми біотехнологічної очистки в системі аеротенк - вторинний відстійник:

а - традиційна;

б - в режимі денітрифікації та біологічної дефосфації: 1 - аеротенк; 2 - вторинний відстійник.

Висновки. Реконструкція аеротенка з переходом його в режим нітриденітрифікації і біологічної дефосфатації може проводитися одночасно із заміною системи аерації, не вимагає великих додаткових витрат і включає виділення анаеробних, аноксидних і аеробних зон за допомогою поперечних перегородок, монтаж аераційного обладнання, що створює необхідний кисневий режим в зонах, і введення рецикла мулової суміші.

Виконання роботи дозволить значно скоротити скидання забруднюючих речовин, включаючи азот і фосфор, в р. Шостка. Скидання загального азоту скоротиться на 39% в порівнянні з показниками трирічної давності. Реальне зниження скидання загального фосфору складатиме 59% за той же проміжок часу.

#### Список літератури

1. Подорван Н. И., Глоба Л. И., Куликов Н. И., Гвоздяк П. И. Удаление фосфора из сточных вод. // ХиТВ. – 2004. – т.26. - №6. – с. 591-605.
2. Щетинин А. И. Особенности реконструкции городских очистных сооружений канализации в настоящий период // Вода и экология: проблемы и решения. – 2002. №2. – С. 22-28.

## ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ В УМОВАХ ЖИТЛОВОГО ФОНДУ МІСТА

*Романов А. А., магістрант; Шевченко С. М., доцент*

За останні десятиліття проблема енергетичного забезпечення людства стала найбільш актуальною.

Невідновлювані запаси палива зменшуються з катастрофічною швидкістю, а їх використання призводить до екологічних проблем, що весь час погіршують стан навколишнього середовища.

На сьогоднішній день у світовій економіці проводиться переоцінка енергетичної політики в зв'язку з розумінням реальної перспективи вичерпності запасів органічного палива, що безпосередньо буде визначати вартісні зміни витрат на видобуток, а також енергетичну безпеку країн.

Почалась переоцінка забезпечення країн власними доступними ресурсами для сфери споживання.

Тому на перший план висуваються технології експлуатації відновлювальних джерел енергії, такі як вітрова та сонячна.

Так, станом на січень 2015 року, в Україні діяло 98 СЕС, загальною встановленою потужністю 819 МВт, якими у 2014 році вироблено 485 млн кВт за рік електричної енергії. Тобто, Україна має великі перспективи у видобуванні енергії з альтернативних джерел. Адже усе, що необхідно - сонячні промені, які у нашій країні є у будь-яку пору року.

Найбільша перевага використання сонячної енергії - її доступність, бо навіть взимку на вулиці сяють сонячні промені, які зможуть виробити хоча б мінімальну кількість необхідної енергії.

В останні роки людство широко використовує сонячні батареї в якості альтернативного джерела енергії. Використовувані сьогодні керамічні фотоелементи в системах перетворення сонячного випромінювання в електричну енергію постійно удосконалюються з метою збільшення ККД.

Крім того, традиційні панелі, які не завжди вписувалися в дизайн екстер'єру поступово відходять у минуле, а на зміну їм приходять нові дизайнерські конструкції.

Слід також зазначити, що Україна є одним із найбільших у Європі виробників сонячних батарей та компонентів до них, тому в нашій країні можливе широкомасштабне впровадження сонячної енергетики.

В нашому випадку предметом дослідження є використання сонячних панелей в умовах житлового фонду міста. Для вирішення даної проблеми необхідно проаналізувати регіональні умови міста ( інсоляція, річні ізотерми) та економічність даної технології.

Таким чином дана робота надасть можливість практично реалізувати екологічно безпечну технологію отримання енергії, використовуючи сонячне випромінювання в умовах житлового фонду міста.

## ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБЛЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ В УМОВАХ УКРАЇНИ

*Алтухова К. О., магістрант*

На сьогоднішній день в Україні досить гостро постає проблема накопичення твердих побутових відходів [ТПВ]. Невпинно зростає кількість полігонів і сміттєзвалищ, що призводить до значного негативного впливу на навколишнє природне середовище [НПС] та створює великі екологічні ризики. Відсутній системний підхід до роздільного збору вторинної сировини, наслідок – втрата великого обсягу ресурсоемних компонентів ТПВ. Фактично відсутня інфраструктура з сортування, переробки та утилізації відходів.

Вирішення наявних проблем та створення комплексної системи поводження з ТПВ є досить актуальною потребою всіх населених пунктів країни. Відповідно до принципів сталого розвитку - ТПВ повинні підлягати раціональному використанню, враховуючи можливість їх рециклінгу, виготовлення і подальшого використання альтернативних видів палива [АВП].

Кількість наукових праць вітчизняних вчених присвячених даній темі досить незначна, так як галузь переробки ТПВ в Україні тільки починає розвиватися. У дослідженнях польських фахівців (Janusza W. Wandrasza; Krzysztofa Piekonia; Małgorzaty Ulewicz; Pawła Maciejewski) наявні розгорнуті описи методів переробки ТПВ, технологічних процесів, класифікації та характеристики виготовленої сировини (АВП) тощо.

Управління ТПВ повинно бути спрямоване на мінімізацію обсягу утворення відходів, перетворення їх у форми менш обтяжливі для НПС та придатні для подальшого використання з можливістю отримання енергетичних ресурсів і, як наслідок, фінансових вигод. Такий підхід може бути реалізований на основі стратегії чистого виробництва, яка прагне звести до мінімуму забруднення НПС внаслідок захоронення ТПВ на полігонах, тим самим забезпечити більш ефективне використання матеріалів та енергії. Відповідно до цієї ідеї, значна частина відходів, що містять органічні горючі речовини може бути термічно перетворена, з рекуперацією енергії, відповідними промисловими установками.

АВП виробляються в основному з відходів промислового виробництва, а також, в меншій мірі, з горючих фракцій ТПВ і можуть розглядатися в якості заміника традиційних видів палива (вугілля, нафти або природного газу).

Існує багато різних АВП і технологій їх виробництва з ТПВ.

RDF (Refuse Derived Fuel) - це паливо у вигляді брикетованих гранул з довжиною 40-80 мм і діаметром 16 мм отримане з ТПВ. Для його виробництва використовуються такі фракції відходів як: папір, картон, деревина, органічні відходи, шкіра (шкірозамінник), синтетичні волокна,

текстиль, гума, пластик, полімери, загалом все те, що міститься в смітті, за винятком каміння, скла, металів. Основні параметри палива наведені в таблиці.

PAS-r (Paliwo stałe rozdrobnione) - отримують шляхом механічного подрібнення ТПВ (пластик, папір, картон, текстиль, гума, органічні відходи, тощо, окрім металів, скла, каміння) до зерен розміром 40-70 мм. Ці відходи можуть бути забруднені маслами, жирами, мастилами або фарбами. Основні параметри палива наведені в таблиці.

Таблиця - Параметри альтернативних видів палива [1;2]

Параметр /середні значення/	Тип палива	
	RDF	PAS-r
Калорійність [МДж/кг]	23,5	24,38
Вміст хлору [%]	0,75	0,42
Вміст сірки [%]	1	0,23
Вміст золи [%]	6,65	7,98
Вологість [%]	12,5	3,19

Використання АВП виготовлених з ТПВ є досить вигідним економічно, проте вимагає відповідної обробки відходів для забезпечення однорідного складу та чітко визначених фізико-хімічних властивостей. Найбільший потенціал використання таких видів палива мають печі для виготовлення цементу та вапна, доменні печі, енергетичні та промислові котли, печі для випалювання цегли, коксові батареї. Слід підкреслити, що АВП мають бути виготовлені лише з безпечних відходів та використовуватися в установках, які відповідають усім стандартам викидів, не призводять до значного погіршення стану НПС і не загрожують здоров'ю і життю людини.

Розробка та впровадження технологій виробництва АВП шляхом переробки ТПВ створює значні екологічні та економічні вигоди за рахунок зменшення обсягів накопичення відходів на звалищах та полігонах, скорочення викидів CO<sub>2</sub>, які утворюються при спалюванні неочищених змішаних відходів в сміттеспалювальних установках, а отже зниження їх негативного впливу на НПС, а також зниження споживання традиційних енергетичних ресурсів, адже вартість АВП значно нижча вартості природних видів палива.

#### Список літератури

1. Ulewicz M., Maciejewski P., Ekologiczne korzyści ze spalania paliw alternatywnych, Nauki chemiczne [w:] «Zeszyty naukowe WSOWL» Nr 2 (160) 2011, ISSN 1731-8157, s. 384 - 402.
2. Mokrzycki E., Uliasz-Bocheńczyk A., Sarna M., Use of alternative fuels in the Polish cement industry, [w:] «Applied Energy», 74/2003, s. 101 - 111.

## ОЦІНКА РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ ВИХЛОПНИМИ ГАЗАМИ АВТОМОБІЛЕЙ ВЗДОВЖ ОСНОВНИХ ТРАНСПОРТНИХ ШЛЯХІВ МІСТА СУМИ

*Костенко М. К., магістрант; Шевченко С. М., доцент*

Вже багато років автомобілі є невід'ємною частиною нашого життя, вони тисячами наповнюють автомобільні шляхи нашого міста і з кожним роком їх кількість лише збільшується. Така тенденція є загрозливою з точки зору забруднення атмосферного повітря, оскільки двигуни внутрішнього згорання є джерелом забруднюючих речовин, в тому числі і вкрай токсичного монооксиду вуглецю, який утворюється внаслідок неповного згорання пального. Вказаний газ з легкістю долаючи бар'єр легень потрапляє в кров, де, заміщаючи кисень, зв'язується з гемоглобіном утворюючи стійку сполуку карбоксигемоглобін. Як результат, кров втрачає здатність переносити кисень, що призводить до гіпоксії тканин організму. Тривала систематична дія невеликих концентрацій, що характерні для повітря в межах автошляхів, призводить до стану хронічного отруєння організму. Виходячи з цього, існує необхідність моніторингу і оцінки рівня забруднення атмосферного повітря вихлопними газами вздовж автомобільних шляхів міста.

Метою роботи є визначення і оцінка рівня забруднення атмосферного повітрі токсичними речовинами вихлопних газів автомобілей за різних погодних умов та різного часу доби, що в подальшому дасть змогу сформулювати рекомендації щодо часу перебування на свіжому повітрі та провітрювання приміщень для населення, з ціллю мінімізувати негативний вплив токсичних речовин на організм людини.

Для проведення визначеної роботи планується проведення моніторингу концентрацій монооксиду вуглецю в атмосферному повітрі вздовж одних з найбільш навантажених автомагістралей міста, а саме вул. Харківська та вул. Металургів. Вибір також обумовлений близьким розташуванням житлових будинків до автошляхів. Моніторинг планується здійснювати в години найбільшого завантаження транспортних шляхів у визначених точках місцевості. Програма спостережень також охоплює спостереження за швидкістю вітру, температурою, вологістю та тиском атмосферного повітря. Для визначення сезонної залежності концентрації забрудника в атмосфері спостереження планується проводити протягом року.

Таким чином планується отримання даних концентрацій монооксиду вуглецю в атмосфері для визначення її залежності від метеопараметрів. Визначення сезонної та добової динаміки вмісту забрудника в повітрі. Оцінки ефективності зелених насаджень обабіч доріг як захисних екранів.

Проведений аналіз дозволить визначити організаційні заходи для мінімізації впливу токсичних вихідних газів автомобілей на здоров'я населення.

## ОЦІНКА ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ ВІД ОБ'ЄКТІВ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ З ВИКОРИСТАННЯМ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ПАЛИВА

*Голінач Б. С., магістрант; Пляцук Л. Д., професор*

Світові запаси вугілля в кілька разів перевищують існуючі запаси нафти і природного газу. Зростаюча роль вугілля в енергетичному балансі призводить до необхідності вдосконалення існуючих методів його переробки, а також до розробки нових енерготехнологій. При цьому вони повинні забезпечити не тільки високі технологічні показники процесу, але й дотримання жорстких екологічних стандартів на викиди шкідливих речовин.

Сьогодні в Україні існує гостра необхідність в технічному переозброєнні чинної пилоугільної теплоенергетики з урахуванням сучасних технологій підготовки палива, спалювання, високоефективних способів зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферу.

Актуальність даної роботи полягає в тому, що розробка і впровадження нових енергетичних технологій покликані вирішити такі вкрай важливі для енергетики України проблеми, як поліпшення техніко-економічних показників роботи ТЕС, забезпечення можливості спалювання високозольного місцевого енергетичного вугілля, поліпшення екологічної ситуації в Україні за рахунок зменшення шкідливих викидів (пилу, оксидів сірки, азоту та вуглецю), раціональне використання природного вугілля та газу, заміна застарілих енергоблоків на теплових електростанціях.

Мета роботи полягає в дослідженні та аналізі найбільш ефективної та екологічно чистої технології спалювання палива на ТЕС.

Технологія спалювання вугілля в циркулюючому киплячому шарі (ЦКШ) дозволяє істотно поліпшити економічні і екологічні показники котлоагрегатів. Крім того, котли з ЦКШ малочутливі до коливань якості вугілля. Технологія ЦКШ особливо ефективна при використанні палив, які потребують в класичних пилоподібних котлах систем сірко- і азотоочистки, а також при використанні низькокалорійних палив.

Основною особливістю спалювання в котлах з ЦКШ є низькі концентрації оксидів сірки та азоту. Для зв'язування оксидів сірки використовують вапняк, відбувається зв'язування сірки – не менше 90 %. Застосування ЦКШ-технології дозволяє знизити емісію  $\text{NO}_x$  на 40-50 % до значень нижче гранично допустимих норм, встановлених в Україні та Європейському Союзі.

На рисунку зображена схема котла з циркулюючим киплячим шаром. Принцип його дії такий: суміш палива з частинками 6-7 мм разом із вапняком (він пов'язує до 90 % сірки) вдувається в шар знизу котла підігрітим повітрям.

Здійснюється ступінчасте підведення повітря: знизу в шар вводиться повітря, в зону над шаром вводиться вторинне повітря для підтримки середньої температури близько 800-900 °С.

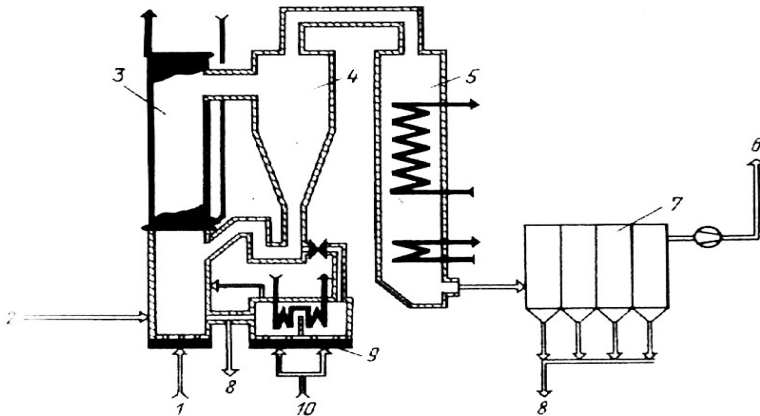


Рисунок – Схема котла з циркулюючим киплячим шаром: 1 – первинне повітря; 2 – подача вугілля та вапняку; 3 – топка циркулюючого шару; 4 – циклон; 5 – конвективний газохід; 6 – гази, що йдуть; 7 – рукавні фільтри; 8 – зола; 9 – вторинне повітря; 10 – теплообмінник.

Все це значно знижує утворення  $\text{NO}_x$  в продуктах згоряння. Вапняк вступає в хімічну реакцію з сіркою, пов'язує її і надалі разом з сухою золою відводиться з котла. Таким чином, виключається попадання сірки в димові гази і потім в повітряний басейн. З верхньої частини топки суміш продуктів згоряння і частинок палива, що не згоріли в киплячому шарі, спрямовується в циклон, де відбувається відділення частинок незгорілого палива від продуктів згоряння.

Незгорілі гарячі частинки змішуються з частинками свіжого палива, і ця суміш надходить в палаючий киплячий шар топки. Відпрацьовані гази надходять в конвективний газохід, в якому розташовані інші поверхні нагрівання робочого тіла: конвективний первинний і проміжний пароперегрівачі, повітрянагрівач. На виході з конвективної шахти з продуктів згоряння за допомогою рукавних фільтрів видаляється летюча зола і залишки летючого попелу, після чого вони направляються в димову трубу для розсіювання у верхніх шарах атмосфери.

Висновки. В даній роботі розглянуто перспективні технології спалювання палива (вугілля). Детально досліджено технологію ЦКШ, наведено дані щодо екологічних показників даної технології в порівнянні зі звичайними топками. Проведені дослідження та встановлена найбільш сприятлива температура горіння для мінімальних викидів  $\text{NO}_x$  і необхідна кількість вапняку для зв'язування 92 %  $\text{SO}_2$ .

## ЕКОЛОГІЯ ЖИТЛА

*Бондар О. О., студент; Трунова І. О., доцент*

Екологічність людського житла сьогодні, на початку XXI століття, стала актуальна, як ніколи раніше. З розвитком нових технологій, появою нових видів транспорту, нарощуванням темпів виробництва людство все далі відходить від тих початкових умов, в яких колись зародилася цивілізація. Сьогодні людина, що живе в досить великому місті, все більше піддається стресовим навантаженням і негативній дії штучно створеного ним місця існування.

Більше ніж 75% часу людина проводить у тих чи інших приміщеннях (вдома, на роботі, у навчальних закладах, магазинах, медичних закладах тощо), тому до числа чинників, що істотно впливають на її здоров'я, відноситься ступінь екологічності (біопозитивності) середовища будівель, особливо житлових. Під біопозитивністю ми розуміємо екологічну безпеку компонентів середовища; тобто огорожувальних конструкцій будівлі, матеріалів, що використовувалися в процесі їх обробки, елементів декору, предметів меблів, тощо.

У зв'язку з розвитком нових технологій, екологічність людського житла повинна розглядатись на протязі всього життєвого циклу, починаючи з етапу проектування житла і закінчуючи його утилізацією, тому тема даного дослідження є актуальною.

Якщо аналізувати увесь спектр будівельних матеріалів з точки зору їх екологічності у складі побудованої будівлі, то майже усі будівельні матеріали є відносно екологічно чистими, оскільки виробляються переважно з природних матеріалів. Значно більшу шкоду для людини може представляти те, що є предметами побуту і домашньої обстановки. Наприклад, меблі з ДСП і ламінат, оскільки до їх складу входять хімічні реагенти, синтетичні смоли і тому подібне.

Саме по собі визначення "екологічно чистий матеріал" є швидше рекламним або маркетинговим ходом, оскільки абсолютно екологічно чистих матеріалів не буває. Щоб матеріал відповідав цьому поняттю, потрібно щоб він був абсолютно чистий на етапі видобутку сировини, на етапі виробництва матеріалу, на етапі експлуатації та на етапі утилізації.

У наших будинках присутні десятки хімічних сполук, багато з яких токсичні – формальдегід, діоксид азоту, бензол, толуол. Тільки невелика частина з них потрапляє в приміщення з вулиці разом із забрудненим повітрям. Основна – замість з будівельними матеріалами – виділяючись із стінових панелей, підлогових покриттів, меблів.

Будівельні матеріали (цемент, пісок, керамограніт, цегла та ін) повинні насамперед мати гігієнічний сертифікат. Якщо матеріал виділяє різкий хімічний запах – це вірна ознака його токсичності.



## ПІНОСКЛО ЯК ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИЙ УТЕПЛЮВАЧ

*Ревенко Г. О., магістрант; Трунова І. О., доцент*

Економічне зростання України значно залежить від рівня забезпечення енергоносіями, потенціалом енергоефективності та рівнем їх використання у промисловості. Низька ефективність діяльності паливно-енергетичного комплексу призвела до того, що в Україні енергомісткість постійно зростає, що у 2-3 рази перевищує цей показник у зарубіжних країнах. Для вирішення цієї проблеми в країні доцільно проводити активні енергозберігаючі заходи, дотримуватись головних вимог енерго- та ресурсозбереження

На сьогоднішній день надзвичайно актуальною залишається проблема енерго- та ресурсозбереження в умовах постійного підвищення цін на енергоносії.

Ринок теплоізоляційних матеріалів України, в основному, обмежений трьома типами теплоізоляційних виробів: пінопластами, газобетоном, пінобетоном і м'якими утеплювачами із скло-і мінеральної вати вітчизняних і зарубіжних виробників. Порівняно новим теплоізолюючим матеріалом на ринку України є піноскло.

При виборі утеплювача для свого житла доцільно проводити порівняння за такими головними характеристиками як:

- ✓ довговічність і стабільність властивостей у часі;
- ✓ вогнестійкість, горючість, виділення газів і парів при нагріванні;
- ✓ водопоглинання і гігроскопічність, волого-і паропроникність, стійкість до руйнування водою і водяною парою;
- ✓ міцність, стискання, механічна обробка, методи кріплення;
- ✓ стійкість в хімічно та біологічно активному середовищі;
- ✓ екологічна безпека.

За хімічною структурою піноскло порівнюється з спіненим силікатним склом (аморфним тілом), що складається з розплаву вищих оксидів кремнію, кальцію, натрію, алюмінію і магнію. Вищі оксиди абсолютно не окислюються, не горять і не запалюються.

Гігроскопічність піноскла дорівнює нулю. Його сорбційна вологість менше 0,5% навіть в атмосфері зі стовідсотковою вологістю, водопоглинання незалежно від періоду повного зволоження не збільшується з плином часу.

Піноскло здатне без будь-якого додаткового кріплення витримувати тиск, обумовлений власною вагою, у межах двох поверхів, відмінно клеїться, кріпиться і зв'язується будь-яким штукатурним складом, клеєм, мастикою.

Абсолютно стійке до всіх хімічних реагентів як неорганічної, так і органічної природи. Повністю виключена можливість для розвитку будь-яких активних життєвих форм. Висока екологічна та санітарна безпека піноскла привела до того, що даний матеріал без будь-яких обмежень застосовують для теплоізоляції промислових харчових чанів і ємностей, що застосовуються при виготовленні пива, вин і молочних продуктів.

## ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРІОФАУНИ М. СУМИ

*Василега В. Д., пров. фахівець, м. Суми*

Місто є не лише середовищем проживання популяції людини, воно створює умови для існування різноманітних видів тварин, які є невід'ємною частиною середовища існування жителів міста. Одні організми приносять людині користь, інші – завдають шкоди, але всі вони необхідні для підтримання рівноваги у міських біоценозах.

В місті складаються особливі умови для існування теріофауни. Головними особливостями є:

- зменшення частки диких видів і зростання частки свійських;
- велика частка тварин, які перебувають у складі угруповань тимчасово;
- мінімізація розмірів тварин і переважання дрібнорозмірних видів;
- формування динамічних угруповань з переважанням рукокрилих і мишоподібних.

На території м. Суми виділяються групи ссавців відповідно до умов навколишнього середовища. В скверах і парках міста зустрічаються:

білка (*Sciurus vulgaris*) – один з найвідоміших гризунів родини вивіркових;

кріт звичайний (*Talpa europaea*) – комахоїдний ссавець роду кротів.

Дрібних ссавців можна розглядати в якості організмів-біоіндикаторів, чисельність і видовий склад яких дозволяє оцінювати стан міського середовища.

На горищах будинків зустрічаються кажани – підряд ссавців з ряду рукокрилих (Chiroptera), а в підвалах – їжак білочервий (*Erinaceus conanicus*) – вид ссавців родини їжачових (Erinaceidae)

Свійський собака (*Canis familiaris*) – домашня тварина з родини хижих ссавців. Бездомні собаки, або безпритульні собаки – субпопуляція собак, що живуть у місті без постійної уваги людей, проте біля людей. Завдяки наявності великої кількості порід і можливості вільного й безконтрольного їх схрещування формується особливий тип собак, названий у побуті "дворовими собаками", або "дворнягами".

Кіт свійський (*Felis silvestris catus*) – невеликий ссавець ряду хижих (Carnivora) родини котових (Felidae). Безпритульні кішки — це дикі кішки, які народились на вулиці, або були вигнані з дому, і тепер вільно бродять міськими районами.

Охорона ссавців м. Суми передбачає збереження біотопів, які можуть знаходитись в безпосередній близькості від людини (лісові ділянки, дупляві дерева). Охороною тварин міста є і регулювання чисельності безпритульних тварин гуманними методами: відлов, стерилізація. Реалізація регулювання чисельності безпритульних тварин забезпечить поліпшення санітарно-епідеміологічного та екологічного стану в місті.

## МІГРАЦІЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТІ

*Пляцук Л. Д., професор; Макаренко Н. О., пров. фахівець*

До факторів, що сприяють утриманню важких металів ґрунтом відносяться: обмінна адсорбція поверхні глин і гумусу, формування комплексних сполук з гумусом, адсорбція поверхнева і оклюзія а також формування нерозчинних сполук, особливо при відновленні.

Важкі метали в ґрунтовому розчині зустрічаються як в іонній так і в зв'язаній формах, які перебувають у певній рівновазі. Міграція важких металів у ґрунтах може відбуватися з рідиною, в газоподібній формі випадковий характер та у твердій фазі.

З усіх видів міграції найважливіша - міграція в рідкій фазі, тому що більшість металів потрапляє в ґрунт у розчинній вигляді або у вигляді водної суспензії і фактично всі взаємодії між важкими металами і рідкими складовими частинами ґрунту відбувається на кордоні рідкої і твердої фаз.

Важкі метали в ґрунті через трофічну ланцюг надходять у рослини, а потім споживаються тваринами і людиною. У кругообігу важких металів беруть участь різні біологічні бар'єри, внаслідок чого відбувається вибіркове біонакопичення, що захищає живі організми від надлишку цих елементів. Все ж таки діяльність біологічних бар'єрів обмежена, і найчастіше важкі метали накопичуються в ґрунті. Стійкість ґрунтів до забруднення залежить від буферності ґрунтів.

ґрунти з високою адсорбційною здатністю відповідно і високим вмістом глин, а також органічної речовини можуть утримувати ці елементи, особливо у верхніх горизонтах. У цих ґрунтах кількість токсичних сполук, які можуть бути вимиті у ґрунтові води і поглинені рослинами, значно менше, ніж в піщаних кислих ґрунтах. Однак при цьому існує великий ризик у збільшенні концентрації елементів до токсичної, що викликає порушення рівноваги фізичних, хімічних і біологічних процесів у ґрунті.

Важкі метали, які утримуються органічною та колоїдною частинами ґрунту, значно обмежують біологічну діяльність, уповільнюють процеси нітрифікації, які мають важливе значення для родючості ґрунтів.

Піщані ґрунти, які характеризуються низькою поглинаючою здатністю, як і кислі ґрунти дуже слабо утримують важкі метали, за винятком молібдену і селену.

Важкі метали добре накопичуються у верхніх сантиметрах перегнійно-аккумулятивного горизонту різних типів ґрунтів суглинного механічного складу. Проте в ґрунтах легкого механічного складу, кислих і збіднених гумусом процеси міграції важких металів посилюються.

Важкі метали негативно впливають на біологічну діяльність у ґрунті, знижують активність ферментів, зменшують інтенсивність виділення двоокису вуглецю та чисельності мікроорганізмів.

*Соляник В. О., доцент; Крупина Д. С., магістрант*

Одною з важливих переваг використання теплових насосів є використання для теплопостачання потоків низькопотенційних поновлюваних енергетичних ресурсів і природного тепла. Це значно розширює ресурсну базу теплопостачання, робить її менш залежною від поставок паливних ресурсів, що вельми важливо в умовах дефіциту і зростаючої вартості органічного палива.

Одночасно утилізація низькопотенційної теплоти в промисловості створює хороші передумови для підвищення ефективності використання енергії на підприємствах, зниження собівартості продукції, що випускається і зростання рентабельності. Наприклад, утилізація низькопотенційної теплоти в системах оборотного водопостачання підприємств дозволяє істотно знизити витрату підживлювальної води і обсяг відведення стічних вод, більш економно витрачати електроенергію.

Основний сенс економічного питання в застосуванні теплового насоса з електроприводом полягає в правильній і об'єктивній оцінці ефективності такого заміщення як по витраті первинного енергоресурсу, так і за рівнем витрат. Застосування теплових насосів з електроприводом не скорочує централізацію теплопостачання, а переводить її на більш якісний рівень, властивий електропостачальних систем. При цьому спрощується система регулювання подачі теплоти споживачам, від недосконалості якої в даний час втрачається до 20% споживаної теплоти.

Досить ефективно теплові насоси можуть використовуватися безпосередньо в діючих теплофікаційних системах з теплоелектроцентралями. Тут вони можуть застосовуватися для зниження температури зворотної мережної води із забезпеченням додаткової вироблення електроенергії по економічному теплофикационному циклу, а також в системах оборотного водопостачання для поліпшення роботи градирень.

Перевага теплових насосів полягає також і в тому, що вони можуть застосовуватися в комбінації з іншими нетрадиційними теплоджерелами.

Крім того досить високу ефективність теплові насоси досягли в даний час такого рівня конструктивної міцності, який забезпечує надзвичайну довговічність і більш ніж значну надійність. За результатами дослідження, проведеного ASHRAE, відзначені наступні дані:

- Побутові теплові насоси класу «повітря-повітря» - 15 років;
- Теплові насоси сфери обслуговування класу «повітря-повітря» - 15 років;
- Теплові насоси сфери обслуговування класу «вода-повітря» - 20 років.

Наукове видання

# **Сучасні технології у промисловому виробництві**

Матеріали  
науково-технічної конференції викладачів,  
співробітників, аспірантів і студентів  
факультету технічних систем  
та енергоефективних технологій

(Суми, 18–21 квітня 2017 року)

## **ЧАСТИНА 2**

Конференція присвячена Дню науки в Україні

Відповідальний за випуск В. Г. Євтухов  
Комп'ютерне верстання В. Г. Євтухова

Стиль та орфографія авторів збережені.

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 9,57. Обл.-вид. арк. 13,1. Тираж 20 пр. Зам. № .

Видавець і виготовлювач  
Сумський державний університет,  
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Сучасні технології  
у промисловому виробництві**

**МАТЕРІАЛИ**

*науково-технічної конференції викладачів,  
співробітників, аспірантів і студентів  
факультету технічних систем  
та енергоефективних технологій  
(Суми, 18–21 квітня 2017 року)*

**ЧАСТИНА 2**

*Конференція присвячена Дню науки в Україні*

Суми  
Сумський державний університет  
2017