

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

за матеріалами
Всеукраїнської науково-технічної
онлайн-конференції
молодих учених та студентів
**«Еколого-енергетичні
проблеми сучасності»**

29-30 вересня 2020 року



Одеса
Видавець Бондаренко М. О.
2020

УДК621.577

ББК 31.3

3-41

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Одеської національної академії харчових технологій,
протокол № 3 від 6 жовтня 2020 р.*

Відповідальний редактор:

Тітлов О. С., завідувач кафедри нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики, д-р. техн. наук, професор.

За достовірність інформації відповідає автор публікації

Збірник наукових праць за матеріалами Всеукраїнської науково-3-41 технічної онлайн-конференції молодих учених та студентів «Еколого-енергетичні проблеми сучасності» 29-30 вересня 2020 року / ред. О. С. Тітлов. – Одеса : ФОП Бондаренко М. О., 2020. – 52 с.

ISBN 978-617-7829-80-4

До збірника включені матеріали сучасних наукових досліджень студентів, магістрів та аспірантів різних університетів і академій України.

Розглянуто наступні напрямки досліджень: Теплові насоси. Системи опалення та кондиціювання; теплообмінні апарати; енергетичні та екологічні проблеми нафтогазової галузі; екологічна безпека; екологічні проблеми сучасності; раціональне використання природних ресурсів.

УДК 621.577

ББК 31.3

ISBN 978-617-7829-80-4

© Одеська національна академія
харчових технологій, 2020

ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОЗШИРЕННЯ СТРУМЕНЮ РОЗПИЛУ ЗРІДЖЕНОГО ГАЗУ

Пакош Д.З., магістр
Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний
Інститут імені Ігоря Сікорського»

Проблеми екологічної ситуації та потреба зменшення використання нафтових продуктів змушує підвищити долю альтернативних видів палива, зокрема у двигунах внутрішнього згорання (ДВЗ). Одним з головних заміників бензинового та дизельного палива у ДВЗ являється зріджений вуглеводний газ (ЗВГ), який зменшує витрату традиційного палива та значно підвищує рівень екологічності автомобільного транспорту, особливо шляхом зменшення викидів CO_2 та вуглеводнів.

Заміна бензинового та дизельного палива на ЗВГ суттєво не впливає на ефективність двигуна. При цьому двигуни не потребують значних конструктивних змін для переобладнання. Тим не менш, для реконструкції варто більш детально дослідити головні робочі характеристики і визначити їх оптимальні значення. Для оцінки ступеня охолодження вхідного повітря було проведено дослідження геометричних параметрів розширення струменю зрідженого пропан-бутану [1].

Визначення радіального розширення факелу розпили палива досліджувалося в умовах розвитку процесу під дією навігаючого потоку повітря (рис. 1 -4). При цьому застосовувався наступний перелік обладнання: витратомірні пристрої, датчики температури, лазерне підсвічування струменю, обладнання для цифрової фотозйомки. Оцінка швидкості потоку повітря з подаючого колектору оцінювалася за допомогою витратомірної діафрагми, коефіцієнт якої становить $K = 0,0157$.

Швидкість потоку повітря, що набігає визначалась за перепадом тиску на діафрагмі, при цьому додатково фіксувалось значення статичного тиску. Для розрахунку густини повітря вимірювався барометричний тиск і температура під час вимірювань.

Швидкість потоку повітря контролювалася додатково термоанемометром. Різниця показань за обома методами становила не більше 7 %.



Рисунок .1 – Візуалізація процесу розвитку затопленого струменя розпили зрідженого пропан-бутану при швидкості повітря $W_a=0$ м/с



Рисунок 2 – Візуалізація процесу розвитку затопленого струменя розпили зрідженого пропан-бутану при швидкості повітря $W_a=31,56$ м/с



Рисунок 3 – Візуалізація процесу розвитку паливної суміші при введенні зрідженого пропан-бутану безпосередньо у колектор при швидкості повітря $W_a = 0$ м/с

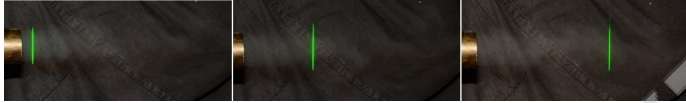


Рисунок 4 – Візуалізація процесу розвитку паливної суміші при введенні зрідженого пропан-бутану безпосередньо у колектор при швидкості повітря $W_a = 31,56$ м/с

За результатами обробки отриманих зображень виконано графічне представлення розвитку струменю, та залежність його радіального розкриття в залежності від швидкості повітря та способу введення палива у потік окисника (рис. 5). Спільною рисою розвитку ширини фронту розпилю для обох випадків є те, що початкова ділянка є геометрично схожою в межах (0...70) мм. Подальший розвиток струменю чітко визначається швидкістю повітря таким чином: чим більша швидкість потоку, тим менший кут розкриття паливного струменя. За мінімальних швидкостей, діаметр фронту розпилювання у 2 рази переважає діаметр повітряного колектору, а за максимальних швидкостей – приблизно дорівнював йому.

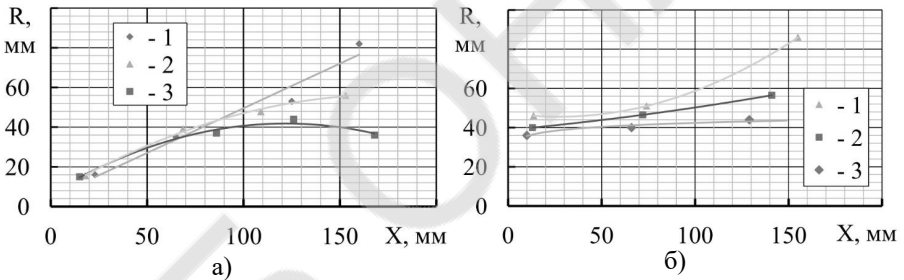


Рис. 5. Залежність ширини розкриття затопленого (а) струменю та при введенні суміші у колектор (б) по довжині при зміні швидкості потоку повітря, що набігає: 1 – 5 м/с, 2 – 38 м/с, 3 – 50 м/с

Проведене експериментальне та аналітичне дослідження дозволяє отримати необхідні геометричні параметри факелу розпилення, що є необхідною складовою при розробці та переобладнанні цих систем живлення.

Інформаційні джерела

1. Myun K., Choi K., Kim J., Lim Y., Lee J., Park S., “Comparative study of the characteristics of regulated and unregulated toxic emissions from a light vehicle with direct injection on a spark ignition filled with gasoline and liquid phase LPG (liquefied petroleum gas)”, Energy, Vol. 44, № 1, p. 189-196, 2012.

Науковий керівник Сірий О.А., к.т.н, доц.
Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут імені Ігоря Сікорського»

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ БЕРЕГОВОЇ БЕЗГРЕБЕЛЬНОЇ ЕС НА РІЧЦІ БОРЖАВА

Гладишева Т.В., магістр

Інженерний інститут Запорізького національного університету

Використанню поновлюваних джерел енергії завжди приділялася особлива увага, але зміни економічної і політичної обстановки за останні десятиліття привели до їх ще глибшого вивчення.

Відомо, що за 90-ті роки минулого сторіччя приріст гідроенергетичної потужності у світі становив близько 100 ГВт, а за наступне десятиріччя – вже вдвічі більше. Гідроенергетика посідає важливе місце у розвитку поновлюваних систем енергопостачання і становить близько 76% всіх світових поновлюваних джерел енергії. Згадуючи про гідроенергетику варто також звернути увагу на малу гідроенергетику.

Мала гідроенергетика є найбільш освоєною з нетрадиційних відновлюваних джерел електроенергії, дозволяє використати значний гідроенергетичний потенціал малих річок і приток, систем водопостачання, іригації з видачею електроенергії в енергосистему.

Згідно Енергетичної стратегії від 2006 р. потенційні можливості малої гідроенергетики України на період до 2030 року оцінені на рівні 1140 МВт потужності з річним обсягом виробництва електроенергії 3,34 млрд. кВт·год/рік [1]. В наступній редакції Енергетичної стратегії до 2030 року (затвердженої Розпорядженням КМ України 24 липня 2013р. № 1071-р) було зазначено, що економічно доцільний потенціал малих гідроелектростанцій в Україні становить до 4 ГВт [2]. Відомо, що станом на початок січня 2018 року в Україні в експлуатації знаходилось 136 малих ГЕС загальною потужністю всього 94,615 МВт з середньорічним обсягом виробництва електроенергії біля 210...230 млн. кВт · год/рік [3].

Функціонування ГЕС в електроенергетичній системі як енерговузла паливно-енергетичного комплексу, викликає необхідність удосконалювати механізми її управління за допомогою завчасного визначення і планування вироблення електроенергії на ГЕС, коректної оптимізації і подальшого накладення режимних критеріїв управління. Тому даний напрям є актуальним у сучасному світі.

У ході роботи розроблено проект створення міні гідроелектростанції на річці Боржава Закарпатської області без перегордження річкового потоку з мінімальною шкодою для навколишнього середовища. При цьому, як показує практика будівництва гідроелектростанцій в європейських країнах в разі точного дотримання норм шкода на екологічному рівні буде зведена до мінімуму.

Інформаційні джерела

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/145-2006-%D1%80>.
2. Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність” [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text>.
3. Статистична інформація щодо об'єктів альтернативної електроенергетики, яким встановлено "зелений" тариф станом на 01.01.2018 року. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг . [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.nerc.gov.ua/data/filearch/elektro/energo_pidprvemstva/stat_info_zelenyi_taryf/2017/stat_zelenyi-taryf.12-2017.pdf

*Науковий керівник Осаул О.І. к.т.н, доц.
Інженерний інститут Запорізького національного університету*

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПРИ БУДІВНИЦТВІ БЕРЕГОВОЇ БЕЗГРЕБЕЛЬНОЇ ЕС

Глеба Ю.В., магістр
Інженерний інститут Запорізького національного університету

Розвиток енергетики має вирішальний вплив на стан економіки в державі та рівень життя населення. Саме тому, надійне економічно обгрунтоване й екологічно безпечне задоволення потреб населення й економіки в енергетичних продуктах є пріоритетним завданням енергетичної політики держави.

Гідроенергетика є найбільш технологічно освоєним способом виробництва електроенергії, який широко використовується у світі і гарантованим енергоресурсом. У той же час енергетична галузь потребує реалізації комплексу заходів спрямованих на забезпечення використання новітніх технологій, підвищення безпеки експлуатації, мінімізації можливого негативного впливу на навколишнє середовище при забезпеченні високого рівня ефективності та екологічності виробництва електроенергії.

В Україні чинні багато вітчизняних законів та програм щодо охорони, збереження та розумного використання природних ресурсів. Одним з перших документів галузі охорони навколишнього середовища стала «Конвенція про охорону дикої флори та фауни і природних середовищ існування в Європі» (Бернська конвенція).

Сучасні дослідження у галузі гідроенергетики свідчать, що гідроенергетику не можна вважати цілком відновлювальним (альтернативним) джерелом енергії, як, наприклад, енергію вітру, сонця чи біомаси, оскільки справжню силу вода генерує у природних річках з природним руслом. Для мінімізації негативного впливу на природоохоронні зони, необхідно передбачити заборону будівництва МГЕС не тільки на територіях природно-заповідного фонду, а також вище за течією на річках, які протікають через природоохоронні та рекреаційні території

Нормативні документи щодо проектування, будівництва та експлуатації МГЕС, які на поточний час в Україні відсутні та використовується нормативно-правова база для великих ГЕС, потребують розроблення і повинні однозначно формулювати екологічні вимоги щодо будівництва та експлуатації малих ГЕС з врахуванням особливостей рівнинних та гірських річок, обов'язкове виконання яких мінімізує вплив цих гідроелектростанцій на довкілля.

Зважаючи на світовий досвід розвитку малої енергетики доцільно особливу увагу приділяти координації всіх працюючих сторін: інвесторів, фінансистів, власників компаній і підприємств, операторів, консультантів, фахівців, дослідників, постачальників обладнання, підрядників, регуляторних органів, агентств, асоціацій, державних органів, наукових та громадських екологічних організацій.

Інформаційні джерела

4. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/145-2006-%D1%80>.
5. Мала гідроенергетика світу.[Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://msol.in/ua/mala-gidroenergetika-svitu/>.

*Науковий керівник Осаул О.І. к.т.н, доц.
Інженерний інститут Запорізького національного університету*

СПОСОБИ УТИЛІЗАЦІЇ СУДНОВИХ ВІДХОДІВ НА СУДАХ І НА ТЕРИТОРІЇ МОРСЬКОГО ПОРТУ «ПІВДЕННИЙ»

**І. О. Баранова, студент
Одеська національна академія харчових технологій**

В теперішній час екологічна проблема набула гострого характеру, особливо у XXI столітті. Науково-технічний прогрес, інтенсивна господарська діяльність людства, пошук на морі та тотальний матеріалізм, воєнні дії та міждержавні конфлікти негативним чином впливають як на Світовий океан, так і на всю планету в цілому.

Морський транспорт одним з перших зіткнувся з проблемою збереження чистоти Світового океану. В процесі нормальної експлуатації судна і роботи людей, утворюються відходи, в результаті накопичення яких з'являється проблема з їх постійної або періодичної утилізації. Поряд з іншими забруднювачами, відходи, що скидаються з суден, є стійкими і, в більшості випадків, найбільш небезпечними забруднювачами, що порушує природний процес самоочищення водного середовища. Для вирішення проблеми охорони Світового океану від забруднення і проблеми поводження з відходами на судні існують міжнародні Конвенції та угоди, що передбачають ефективні заходи запобігання забрудненню морського середовища. Згідно з Додатком V Конвенції МАРПОЛ, до даного виду забруднення відносяться всі види харчових, побутових і експлуатаційних відходів, всі види пластмас, залишки вантажу, топкова зола, кухонний жир, рибальські снасті та туші тварин. Все це утворюється в процесі нормальної експлуатації судна і підлягає або безперервному, або періодичному видаленню. Для запобігання утворенню відходів або мінімізації їх утворення на судні мають здійснюватися дії, спрямовані на: зменшення кількості предметів і матеріалів, що скеровуються на остаточну утилізацію або поховання; відмова від зайвої упаковки; закупівлі тільки необхідної кількості предметів і матеріалів; використання предметів багаторазового або тривалого користування замість одноразових там, де це можливо. На судах (пасажирські, транспортні, технічний флот, екологічні станції) передбачене спеціальне обладнання для утилізації суднових відходів, що допомагає зменшити об'єм відходів та підготувати їх до подальшої задачі в порт.

На території морського порту також може знаходитись установка для утилізації відходів з суден термічним методом, що дозволяє переробляти відходи, нейтралізуючи і очищуючи продукти розкладання, а також утилізувати теплову енергію, що виділяється в процесі спалювання відходів. У роботі розглядалась сміттєспалювальна установка, що знаходиться на території морського торговельного порту «Південний», яка утилізує медичні, ветеринарні, карантинні відходи, нафтові шлами, відпрацьовані масла, ТПВ, які здаються з суден, а вироблювана теплова енергія використовується на особисті потреби комплексу.

Інформаційні джерела

1. Торский В.Г. Марпол 73/78. - М.: Экология [Текст] 2005. – 64 с.
2. Тимченко Л.Д. Міжнародне право / Кононенко В.П. - К. : Знання, 2012. - 631 с. - (Вища освіта XXI століття).
3. Пимошенко А.П. Предотвращение загрязнения окружающей среды с судов. – М.: Мир, 2004. - 320 с.
4. Зубрилов С.П. Охрана окружающей среды при эксплуатации судов. [Текст] С.-Петербург: Судостроение, 1989.– 256с.

5. План поводження з судновими відходами та залишками вантажу в ЮФ ДП «АМПУ» (адміністрації МП «Южний») : наказ від 04.06.2018 № 397 : ВНД- 122/40:2018. – Офіц. вид. – К : ЮФ ДП «АМПУ» (адміністрація МП «Южний»), 2018. – 45 с.

6. Поводження з відходами з допомогою комплексів Eco [Електронний ресурс] / GreenEx Eco технології для екології – Режим доступу до сайту : <https://greenex-eco.com/othod/>

7. Опис технологічного комплексу ТКПО-300 [Електронний ресурс] / Green power eco friendly technology – 2016 р. – Режим доступу до сайту : <http://uglezhozg.ru/products/2014-06-26-15-46-44/rus/>

8. Закон України "Про охорону праці"[Текст] редакція Гандзюк,2003.

*Науковий керівник – Якуб Л.М. д.т.н. проф.,
Одеська національна академія харчових технологій*

УДК 697.91.94.97

МОЖЛИВІ ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ БАГАТОЗОНАЛЬНИХ VRF СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

**Басов А.М. магістр; Соловійова П.В., магістр
Одеська національна академія харчових технологій**

В умовах прискорення науково-технічного прогресу завдання підвищення енергоефективності систем кондиціонування має важливе народногосподарське значення, оскільки її рішення, крім підвищення ефективності капітальних вкладень, забезпечує її енергозбереження, економію матеріалів, а також поліпшення умов праці людей і навколишнього середовища.

Однією з основних завдань цієї комплексної проблеми є енергозбереження. Ми вирішуємо триєдину проблему - оптимізацію (мінімізацію) енергоспоживання при жорсткому дотриманні нормативних вимог до комфортному середовищі проживання в житлових, громадських і промислових об'єктах, неухильне дотримання технологічних вимог у виробничих процесах і мінімізацію шкідливого впливу на екологію навколишнього середовища.

Нами розглянуті можливі шляхи підвищення енергоефективності багатозональних систем кондиціонування повітря, деякі технології і елементи, вдосконалення яких безпосередньо підвищує енергоефективність і знижує споживання електроенергії в річному циклі використання систем кондиціонування на основі енергетичних балансів теплофізичних процесів в VRF.

Основними цільовими напрямками вдосконалення багатозональних систем кондиціонування останнім часом є такі:

- підвищення комфорту мікроклімату об'єкта, точність і надійність його забезпечення при цілорічній експлуатації;
- підвищення енергоефективності багатозональних систем за рахунок збільшення коефіцієнтів трансформації тепла;
- підвищення показників енергозбереження за рахунок рекуперації та акумуляції теплової енергії і постійного автоматичного оптимального управління режимами роботи, в залежності від сезонних параметрів зовнішнього повітря, сонячної радіації і геотермальних джерел тепла, а також внутрішніх нестационарних джерел теплоприпливів / тепловтрат і джерела зміни вологості внутрішнього повітря;
- зниження шкідливого впливу на екологію навколишнього середовища;

- вдосконалення основних агрегатів багатозональної системи кондиціонування повітря: компресора, вентилятора, рекуператора, теплообмінника,
- акумулятор теплоти з використанням тепла фазового переходу, системи управління;
- інтеграція багатозональних систем с, сонячними колекторами, системою припливно-втяжної вентиляції;
- легкість інтеграції з системою "розумного будинку" (BMS з протоколами BACnet або LONwork, порти SC-LGW або SC-BGW);
- перевірені розрахунки з розробкою монтажною схемою і повною специфікацією;
- розробка віддаленого управління і комп'ютерної системи централізованого управління, узгодженого в необхідних випадках з пріоритетом індивідуального управління

Особливості проектування VRF систем це : підвищення енергоефективності та комфорту за рахунок змінної температури холодоагенту, інверторного приводу і рекуперації тепла :

Мінлива температура холодоагенту, постійно регульована автоматично за величиною поточної сезонної і добової температур зовнішнього середовища і внутрішньої температури, що залежить так само від теплового навантаження внутрішніх джерел / стоків тепла і зміни вологості повітря та дозволяє отримати високі величини EER, COP і особливо високі сезонні величини ESEER, SCOP.

Інверторний привід, що забезпечує зміну частоти обертання безколекторного синхронного електродвигуна на внутрішніх неодимових магнітах, дозволяє при змінній тепловій навантаженні працювати компрес кричу з високим ККД в практично оптимальному режимі.

Рекуперація тепла в громадських об'єктах, наприклад в готельних комплексах, де в залежності від орієнтації вікон в номерах, інших локальних джерел теплоприпливів і тепловтрат можуть бути реалізовані режими охолодження і нагрівання в різних номерах.

Синергетичний ефект від цих підходів дозволяє отримати максимальну ефективність.

Інверторне керування компресором і система датчиків забезпечують змінну температуру холодоагенту, малі значення пускового струму і безступінчасте регулювання продуктивності.

Особливу увагу приділяємо вентиляторам.

Двигун постійного струму з зовнішнім ротором більшого діаметру дозволяє отримати велику діючу силу при тому ж магнітному полі.

Оптимізація синусоїдального інвертора забезпечує більш плавне обертання і підвищення ККД електродвигуна, яке найбільш істотно при низьких швидкостях, т. е. в міжсезоння.

Досконалий направляючий апарат осьового вентилятора зовнішнього блоку CITY MULTI дозволяє отримати підвищений статичний напір при меншій частоті обертання і меншому енергоспоживанні.

Більш ефективно використання теплообмінника зменшує теплообмін між перегрітим газом і недогрітою рідиною.

Нами розглянуті лише деякі технології і елементи, вдосконалення яких безпосередньо підвищує енергоефективність і знижує споживання електроенергії в річному циклі використання багатозональних системах кондиціонування повітря (БСКП) ..

Необхідно також відзначити постійну роботу провідних світових фірм, які виробляють БСКП, над системами їх управління та програмним забезпеченням, над полегшенням їх експлуатації та використання таймерів, що настроюються на тривалий термін по запрограмованому автоматичному підтримці зміни параметрів мікроклімату в процесі добового, тижневого, а іноді і більш тривалого періоду.

Великих успіхів досягла індустрія забезпечення мікроклімату в технологіях фільтрації, бактерцидної обробки і корисною іонізації повітря в БСКП.

Проведені дослідження показали, що при проектуванні енергозбереження найбільш ефективно, якщо воно проводиться на всіх стадіях життєвого циклу об'єкта. від вибору на етапі

проектування кліматичного обладнання та величини теплового опору огорожень, опрацювання доцільності використання поновлюваних джерел енергії (ВДЕ), об'єктивного і висококваліфікованого енергоаудиту за результатами першого року експлуатації і енергоменеджменту до моменту капітальної модернізації об'єкта або його повної зупинки перед утилізацією обладнання.

Інформаційні джерела

1. Табунщиков Ю.А. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий. / Ю.А.Табунщиков, М.М. Бродач. – М.: АВОК-ПРЕСС. – 2002. – 194 с
2. Перепека В.И. Расчеты систем кондиционирования и вентиляции. / В.И., Перепека, Н.В. Жихарева – Одесса: «ТЭС», 2014. – 240 с.
3. Zhikhareva N. Modeling of energy efficient air condition // N.V Zhikhareva. / The scientific method. Poland – 2017.No. 3.P.3–6.
4. Zhikhareva N. Optimization of conditionsng system for fremises with non stasionari heat exchanger // N. Zhikhareva. / Norwegian Journal of development of the International Science 2017. Vol. 2. No 5. P. 94– 99.

*Науковий керівник: Жихарева Н.В., к.т.н., доцент
кафедри холодильних установок і кондиціонування повітря ОНАХТ*

УДК: 631.445.2

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ҐРУНТІВ, КОНТАМІНОВАНИХ ВААЖКИМИ МЕТАЛАМИ, ЗА ВИКОРИСТАННЯМ ҐРУНТОВИХ ДОБАВОК

Зайцева Е.Ю., студентка

Одеська національна академія харчових технологій

Ґрунти виконують найважливіші функції у всіх наземних екосистемах, тому еколого-ґеохімічний стан ґрунтового покриву визначає стійкість біосфери Землі – необхідної умови виживання людства. Оскільки техногенне навантаження на ґрунти призводить до їх деградації та зниження бонітету (показників якості і продуктивності: гранулометричний склад, наявність гумусу, елементів живлення рослин, водний і тепловий режими; ступінь еродованості, засоленості, кислотності, солонцюватості, забрудненості та ін.), тому для збереження біосфери надзвичайно важливим є зберегти ґрунтовий покрив у задовільному стані [1].

Ґрунт можна порівняти з природним фільтром, який уловлює потрапляння різних поллютантів, серед яких найнебезпечнішими є важкі метали (ВМ). Саме антропогенна діяльність являється причиною забруднення навколишнього природного середовища. До основних забруднюючих ВМ галузей промисловості відносять: кольорову та чорну металургію, енергетику та хімічну промисловість. Ці елементи мають властивості біоаккумуляції у клітинах живих організмів як рослин, так і людей. Збільшення концентрації металів в ґрунті підвищує шанс їх біодоступності тому, що водорозчинна форма металів без труднощів потрапляє в ґрунтовий розчин, а потім по коренях в рослини, або накопичується в ґрунтових водах, що в подальшому призводить до контамінації ВМ харчового ланцюга різними шляхами. Серед металів-поллютантів ґрунту найбільш поширеними й токсичними є свинець, цинк, мідь, кадмій, нікель і алюміній. Мобільність і біодоступність важких металів та алюмінію прямо пропорційна кислотності ґрунту. [2].

Не існує єдиного способу звільнення ґрунтів від забруднень важкими металами, тому що це залежить від фізико-хімічних характеристик ґрунтів, кліматичних умов, та багато іншого. Так як будь-який спосіб закріплення металів у ґрунті має свій термін дії, рано

чи пізно частина ВМ знову почнуть надходити у ґрунтовий розчин, а звідти у живі організми. Саме тому дуже важливо об'єднувати методи ремедіації для того, щоб удосконалити способи очищення ґрунтів від ВМ. Наприклад, можна застосовувати фіторемердіацію із поєднанням з компостом, оскільки компости лише іммобілізують метали, не видаляючи їх. Фіторемердіація – як один із способів методу біологічної очистки ґрунту видаляє з нього ВМ, вбираючи їх у коріння та пагони гіперакумуляторних рослин, тому в комбінації ці два методи можуть продемонструвати кращі результати щодо дезактивації рухливих форм іонів ВМ.

Щодо удосконалення методу іммобілізації ВМ в ґрунті, нами рекомендовано внесення ґрунтових добавок із різними властивостями (вміст органічних речовин, фосфатів, та ін.), що в результаті буде проявляти іммобілізуючу дію на іони ВМ.

Список літератури

1. Ginn T.R. Processes in microbial transport in the natural surface. *Wat. Res.* 2002. Vol. 25. P.1017-1042.

2. Jaanssen C.R., Heijerick D.G., DeShamphelaere K.A.C., Allen H.E. Environmental risk assessment of metals: tools for incorporating bioavailability. *Environ. Int.* 2003. Vol. 28. P.793-800.

*Науковий керівник Гаркович О.Л. к.б.н, доц.
Одеська національна академія харчових технологій*

УДК 622.692

УТИЛІЗАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ОБРОБКИ ПАЛИВНОГО ГАЗУ НА КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЯХ

**Журавльова М. В, магістр
Одеська національна академія харчових технологій**

На компресорних станціях магістральних газопроводів є два виду джерел енергії для утилізації: потенційна енергія паливного газу та теплова енергія газів, що відходять при роботі газотурбінного двигуна.

Паливний газ потрібен для роботи газотурбінного двигуна. Він відбирається з технологічних трубопроводів компресорної станції при тиску рівним тиску газу в магістральному трубопроводі перед станцією. Це тиск 3,7÷5,6 МПа, що значно перевищує тиск паливного газу 1÷2,5 МПа перед камерою згоряння газотурбінного двигуна. На існуючих компресорних станціях надлишкова потенційна енергія паливного газу втрачається в блоці редукування на регуляторі тиску.

При роботі газотурбінного двигуна тільки 30 ÷ 35% теплової енергії газів, які утворюються при згорянні паливного газу, корисно використовується. Продукти згоряння, що відходять у атмосферу, мають температуру 370 ÷ 550⁰С в залежності від пори року.

Екологічно чисту потенційну енергію тиску природного газу на газорозподільних станціях добре утилізують за допомогою турбодетандерів. Ця расширительная машина призначена для зниження тиску газового потоку до заданого значення шляхом здійснення зовнішньої роботи, наприклад обертання ротора електрогенератора. Пропонується аналогічно використовувати турбодетандер для зниження тиску паливного газу на компресорних станціях. На рис. 1 показаний процес розширення газу в турбодетандере.

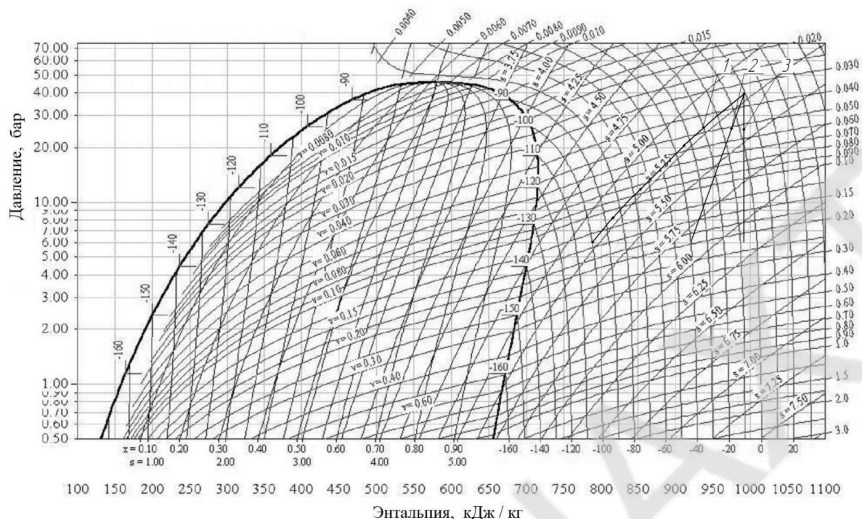


Рис. 1 Діаграма стану метану (CH₄) в координатах «логарифм тиску -ентальпія»:
 1 - процес в ідеальному турбодетандері (ізоентропний); 2 - процес в реальному турбодетандері;
 3 - процес в регуляторі тиску (ізоентальпійний).

У доступних джерелах інформації не знайдено використання утилізації надлишкового тиску паливного газу. Розглянемо на прикладі роботи установки типу ГПУ 16 / 56-1,44 корисний ефект від утилізації надлишкової потенційної енергії паливного газу і корисний ефект від його підігріву за рахунок йдуть продуктів згоряння.

До складу газоперекачувальної установки входить газотурбінний двигун типу ДЖ-59 і нагнітач природного газу - компресор типу 324 ГЦ 2-540 / 38-57М1.

Деякі характеристики газотурбінного двигуна ДЖ-59:

Потужність - 16300 кВт; ККД - 30%; Витрата повітря - 98,5 кг / с; Температура відхідних газів - 360°C; Частота обертання силової турбіни - 3000 об / хв; Компресор - осьовий зі ступенем стиснення - 12,7; 1 Витрата паливного газу - 4940 м³ / год (при 0°C і 0,1013 МПа); Двигун ДЖ-59 призначений для приводу нагнітачів компресорних станцій. Можлива робота двигуна з паровим теплоутилізуючим контуром.

Деякі характеристики нагнітача 324 ГЦ 2-540 / 38-57М1:

Продуктивність по компрімуемому природному газу - 29,9 млн. ст.м³ / добу (при 20°C і 0,1013 МПа) ; Тиск газу на всасі - 3,73 МПа; Тиск газу на виході - 5,59 МПа; ККД- 86%; Число оборотів - 5200 об / хв; Нагрівання газу при компримування на 35°C.

На рис. 2 представлена схема пропонованої системи утилізації непридатної енергії на компресорній станції.

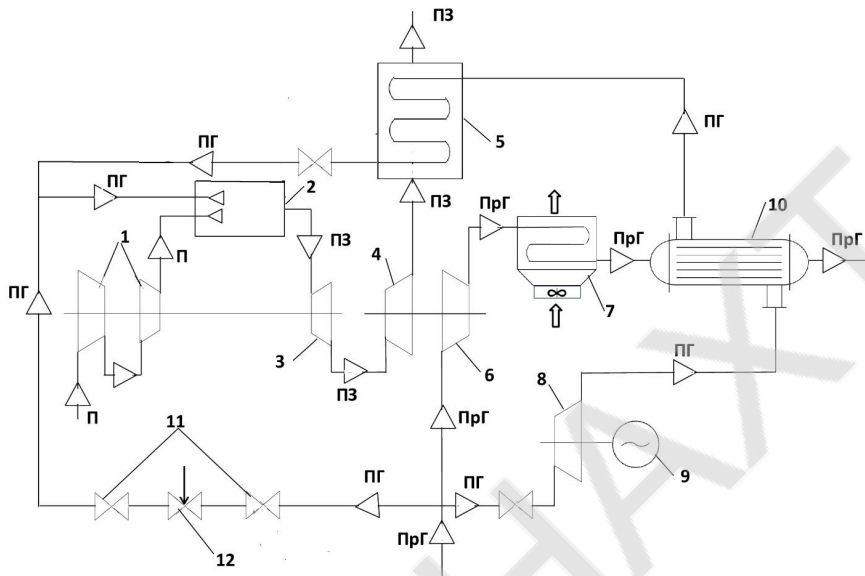


Рис.. 2 Система утилізації непридатної енергії для обробки паливного газу

На схемі, яка представлена на малюнку 2, можна виділити два технологічних блоку. Перший відноситься до газотурбінного двигуна, а другий до нагнітача.

На існуючих станціях до першого блоку відносять: повітряний компресор (1), камеру згоряння (2), турбіну високого тиску (3), силову турбіну (4), запірні клапани (11), регулюючий клапан (12). До другого блоку відносять: нагнітач (6), АВО (7).

У запропонованій новій схемі до першого блоку відносять повітряний компресор (1), камеру згоряння (2), турбіну високого тиску (3), силову турбіну (4), турбодетандер (8), електрогенератор (9), теплообмінник (10), котел-утилізатор (5), запірні клапани (11). До другого блоку відносять: нагнітач (6), АВО (7), теплообмінник (10). Слід зазначити, що теплообмінник (10) відноситься до обох блоків.

Розглянемо призначення кожного елемента схеми. Осьовий багатоступінчастий повітряний компресор (1) призначений для підвищення тиску навколишнього повітря до заданого тиску воздушноопівної суміші в камері згоряння. Камера згоряння (2) призначена для спалювання воздушноопівної суміші з отриманням продуктів згоряння заданої температури і тиску. Турбіна високого тиску (3) є приводом повітряного компресора (1). Силова турбіна (4) є приводом нагнітача (6). Котел-утилізатор (5) призначений для нагріву паливного газу продуктами згоряння що відходять. Нагнітач (6) призначений для підвищення тиску технологічного природного газу до заданого на виході з компресорної станції. Апарат повітряного охолодження (7) призначений для охолодження технологічного природного газу до температури не вище 40⁰С на виході з компресорної станції. Турбодетандер (8) призначений для зниження тиску паливного газу до тиску повітрянопаливної суміші в камері згоряння (2) шляхом здійснення роботи як привід .елетрогенератора (9). Теплообмінник (10) призначений для додаткового охолодження технологічного природного газу за рахунок холодного потоку паливного газу. Запірні клапани (11) призначені для відсічення потоку газу. Регулюючий клапан (12) призначений для заданої зміни витрати та тиску паливного газу.

Розглянемо роботу схеми по потокам. Всього є чотири потоки: повітряний; потік паливного газу; потік продуктів згоряння; потік технологічного природного газу.

Багатоступінчастий осьовий компресор (1) засмоктує навколишнє повітря і підвищує його тиск до заданого тиску ($1,2 \div 2$ МПа) в камері згоряння (2).

Паливний газ відбирається з магістрального газопроводу на вхід в компресорну станцію. Початковий тиск паливного газу до 5,6 МПа, що істотно перевищує його тиск в камері згоряння (2). Тому необхідно застосовувати пристрої для зниження тиску паливного газу.

В існуючій схемі зниження тиску паливного газу здійснюється за допомогою регулюючого клапана (12). При цьому відбувається зниження температури газу на кілька градусів за рахунок ефекту Джоуля-Томсона. Після зниження тиску газ надходить в камеру згоряння (2).

У запропонованій схемі паливний газ з магістрального газопроводу надходить на турбодетандер (8). У турбодетандері потенційна енергія надлишкового тиску паливного газу використовується для здійснення механічної роботи - обертання ротора електрогенератор. При розширенні потоку паливного газу в турбодетандері відбувається зниження його тиску до заданого. Одночасно температура газу знижується на десятки градусів (до мінус $40 \div 70^{\circ}\text{C}$). Холодний потік паливного газу надходить в теплообмінник (10), в якому нагрівається до позитивних температур за рахунок теплого потоку технологічного газу. Далі потік паливного газу підігрівається в котлі-утилізаторі (5) до температур $200 \div 300^{\circ}\text{C}$, а потім надходить в камеру згоряння (2).

Потік продуктів згоряння утворюється в камері (2) при згоранні повітрянопаливної суміші. На виході з камери продукти згоряння знаходяться під заданим тиском і при температурі 1000°C . З камери (2) продукти згоряння потрапляють в турбіну високого тиску (3). Потік розширюється в турбіні, частина знижуючи свій тиск і температуру. Енергія потоку переходить в механічну енергію - роботу приводу осьового компресора (1). Після турбіни (3) потік прямує в силову турбіну (4), в якій відбувається остаточне його розширення. Тиск потоку практично зменшується до атмосферного, а температура падає до $360 \div 500^{\circ}\text{C}$. Енергія потоку переходить в механічну енергію - роботу приводу нагнітача (6). Продукти згоряння, що відходять потрапляють в котел-утилізатор (5), в якому нагрівають потік паливного газу, а потім вони викидаються в атмосферу. Слід зазначити, що існуюча схема не передбачає використання котла-утилізатора (5).

Потік технологічного природного газу з магістрального трубопроводу надходить в нагнітач (6), в якому підвищується тиск газу до заданого. При стисненні газу в нагнітачі (6) підвищується його температура понад 40°C . Після нагнітача (6) газ охолоджується повітрям в апаратах АВО (7). В існуючій схемі газ далі направляється в магістральний трубопровід. У запропонованій схемі газ далі охолоджується в теплообміннику (10) холодним потоком паливного газу, а потім направляється в магістральний газопровід.

Розглянемо результати орієнтовного розрахунку показників утилізаційної системи для обробки паливного газу. Як приклад природного газу взято газ з Дашавського родовища з вмістом метану 98,9%. Прийнято в якості вихідних даних: один ГПУ 16 / 56-1,44; витрата технологічного газу - 29,9 млн.ст.м³ / добу; витрата паливного газу - 4940 нм³ / добу; тиск газу на вході - 3,7 МПа; тиск газу на виході з КС - 5,6 МПа; тиск газу на виході з турбодетандера - 1,27 МПа; температура газу на вході в КС - 14°C ; температура газу на виході з КС - 49°C , а після АВО (7) - 40°C ; ККД турбодетандера - 75%; температур паливного газу після теплообмінника (10) - 30°C , після котла-утилізатора (5) - 250°C ; температура самозаймання повітрянопаливної суміші - 530°C .

Результати позитивних ефектів від утилізації непридатної енергії:

- досягається потужність електрогенератора (9) - 228 кВт;
- подохладження технологічного газу в теплообміннику (10) на $0,3^{\circ}\text{C}$;
- економія паливного газу за рахунок його підігріву до 250°C - 1,3% (64 нм³ / год) від його витрати.

Висновки. Додаткова електроенергія в 228 кВт істотна для роботи електричного обладнання на компресорній станції (КС). Подохладження технологічного газу в теплообміннику (10) в $10 \div 30$ разів менше ефекту Джоуля-Томсона і теплообміну газу з

грунтом в магістральному трубопроводі. Регеративний підігрів паливного газу в котлі-утилізаторі (5) істотний для економії паливного газу.

Слід ретветіть на питання: «Чому утилізація низькою енергії для обробки паливного газу не застосовується?». Відповідь полягає в розробці техніко-економічного обґрунтування. Для утилізації непридатної енергії слід використовувати нетипове для компресорної станції обладнання турбодетандер, електрогенератор, кожухотрубні теплообмінники. Це обладнання не дешеве і вимагає кваліфікованого обслуговування. Можливий термін окупності від впровадження системи утилізації перевищує рекомендовані значення.

Інформаційні джерела:

1. Кологривов М.М., Сагала Т.А., Бузовський В.П. Котли – утилізатори / Одеська національна академія харчових технологій, 2015. – 83 с.
2. ПАО «Сумское НПО». Технический каталог. Компрессорное оборудование и газоперекачивающие агрегаты. – Сумы: Изд. центр ПАО «Сумское НПО», 2019. -148с.
3. Цих А. Д. Термодинамический расчёта турбодетандера// Наукові праці ДонНТУ, серія «Горнічо-геологічна №2 (19), 2013. – С. 95-106.
4. Иоффе Й. Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1991.-352 с.
5. Кологривов М. М. Расчёты при проектировании магистрального газопровода и компрессорной станции: Методические рекомендации по выполнению курсового проекта по дисциплине «Проектирование газонефтепроводов, насосных и компрессорных станций» для студентов специальности 185 «Нефтегазовая инженерия и технологии» / . Одесская национальная академия пищевых технологий, 2017. – 41 с.

*Науковий керівник Кологривов М.М. к.т.н, доц.
Одеська національна академія харчових технологій*

УДК 504.05:622

ЕКОЛОГО-ГЕНЕТИЧНИЙ МОНІТОРИНГ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

**Лось О.О., студентка
Одеська національна академія харчових технологій**

Головним завданням біологічного моніторингу є визначення стану біотичної складової біосфери, її реакції на антропогенний вплив, вивчення залежності “доза-ефект”, відповідні реакції організмів, пошук критеріїв допустимого навантаження на природне середовище з урахуванням регіональних особливостей і визначенням критичних ланок у біосфері, які зумовлюють це навантаження.

Особливе місце в біологічному моніторингу займає генетичний моніторинг, який включає широкомасштабне вивчення генетичних наслідків забруднення навколишнього середовища на різних рівнях організації живих організмів, включаючи людину [1].

У зв'язку з забрудненням навколишнього середовища і впливом несприятливої екологічної ситуації на здоров'я населення виникла необхідність розроблення уніфікованого методичного підходу до інтегральних оцінок стану довкілля за токсико-мутагенним фоном і генетичної безпеки для людини від дії мутагенів навколишнього середовища [2].

У даній методиці пропонується структурна схема комплексного еколого-генетичного моніторингу довкілля, яка дозволяє оцінити стан природних об'єктів та токсико-мутагенним фоном, що є необхідним для визначення рівня загальної екологічної та генетичної безпеки

для людини та природи (рис. 1).

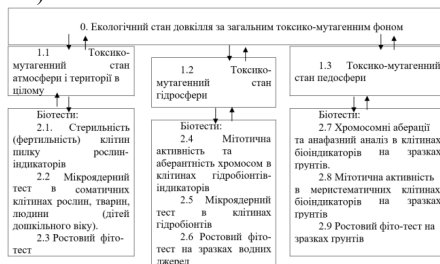


Рис. 1 – Структурна схема еколого-генетичного моніторингу

Згідно схеми, верхній (нульовий) структурний рівень показника, включає три показники екологічного стану окремих об'єктів навколишнього середовища (атмосфери, гідросфери та педосфери) за токсико-мутагенним фоном. Показники, що характеризують стан навколишнього середовища за токсико-мутагенним фоном можуть бути застосовані для подальшого визначення загального екологічного та генетичного ризиків для людини та біоти.

Такі підходи в змозі охарактеризувати ефективність будь-якого напрямку розвитку території, встановити еколого-оптимальні нормативи якості довкілля та здоров'я населення, розробити шляхи досягнення цих нормативів.

Література

1. Баріляк І.Р., Бужиевская Т.И., Быкорец А.И. Генетические последствия загрязнения окружающей среды. К: Наукова думка, 1989. 229 с.

2. Горова А.І., Риженко С.А. Обстеження та районування території за ступенем впливу антропогенних чинників на стан об'єктів довкілля з використанням інтегральних цитогенетичних методів оцінки. Дніпропетровськ: НГУ, 2007. 25 с.

*Науковий керівник Гаркович О.Л. к.б.н, доц.
Одеська національна академія харчових технологій*

УДК 621.3

МОЖЛИВІ ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ ЕНЕРГЕТИКИ

**Чефтелов І.О., магістр; Климчук І.О, студент
Одеський національний політехнічний університет**

Органічне і атомне паливо, водні ресурси - це основні існуючі енергетичні ресурси планети Земля, за рахунок яких стабільно тримається економіка України.

Використовуючи водні ресурси та енергію розпаду атомного ядра відбувається вивільнення енергії, яку перетворюють в електричну. Органічне традиційне паливо переробляється не тільки в електричну енергію, а і в теплову. Однак, при звільненні енергії, особливо органічного палива, відбувається значне забруднення навколишнього середовища. Енергетика впливає на атмосферу, гідросферу, літосферу і кріосферу. У теплоенергетичному господарстві основне джерело забруднення - теплові електростанції, підприємства і установки паросилового господарства, тобто ті підприємства, робота яких пов'язана з використанням

спалювання різних видів спалювання органічних видів палив. Крім газоподібних викидів золи, сірчистого ангідриду, оксидів азоту, п'ятиокис ванадію, бензопирена), чадного і вуглекислого газів в навколишнє середовище, енергетика і теплоенергетика забруднює його і твердими відходами, такими як зола і шлак. При цьому забруднення можна поділити на глобальне, локальне і регіональне [1].

Світовий досвід використання атомних електростанцій довів, що дане устаткування не значно забруднює навколишнє середовище, проте аварія на Чорнобильській атомній станції в 1986 році вказала всій світовій спільноті головну екологічну небезпеку АЕС. Хоч ймовірність таких аварій в сучасному світі людство намагається мінімізувати на існуючих працюючих атомних станціях, але їх виникнення, на жаль, не виключено.

До основних проблем енергетики відносять нерівномірність розподілу енергоресурсів по території планети, і відповідно, постійне підвищення їх вартості. Викиди в атмосферу, що викликає сильне забруднення, негативно впливають на клімат планети, постійно підсилюючи парниковий ефект. Одним з варіантів виходу з даної ситуації є розробка та виконання концепцій енергозбереження та енергозбереження [2].

Концепція енергозбереження полягає в підвищенні ефективності використання енергоресурсів на всіх етапах життєвого циклу: від пошуку - розвідки - видобутку до виробництва з них електричної і теплової енергії - транспортування енергії до віддалених споживачів - її розподілу і, нарешті, - споживання.

Концепція енергозаміщення означає поступовий перехід від традиційного палива (газу, вугілля, нафти, урану) до нетрадиційних відновлюваних джерел енергії, а також освоєння нових технологій отримання електричної та теплової енергії, які можуть суттєво змінити вигляд енергетики та зняти чи зменшити гостроту існуючих проблем - ресурсних, екологічних і геополітичних.

Для вирішення екологічних проблем існують різні засоби, які дозволяють істотно зменшити негативний вплив енергетичних об'єктів на навколишнє середовище: освоєння і пошук нетрадиційних альтернативних джерел енергії; застосування енерго- і ресурсозберігаючих технологій, а також прагнення до підвищення енергоефективності роботи різних підприємств і установок.

Інформаційні джерела

1. <https://rep.bntu.by/>
2. <https://cyberleninka.ru>

*Науковий керівник Лужанська Г.В. к.т.н, доц.
Одеський національний політехнічний університет*

УДК 621.3

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ

Статєва Євгенія

Одеська національна академія харчових технологій

Україна відноситься до країн, тільки частково забезпечених власними енергоресурсами. Наша держава страждає енергетичною залежністю від імпортованих поставок органічного палива. Від виду та якості палива багато в чому залежить вплив теплових електростанцій на навколишнє середовище. Вугілля є "найбруднішим" з усіх джерел енергії та робить найбільший внесок в глобальну зміну клімату. Тому енергозбереження та енергоефективність (ефективність енергоспоживання) для України повинні розглядатись як

найважливіший додатковий енергоресурс, не менш вагомий, ніж нафта і газ. Розвинені країни уже давно визнали енергоефективність глобальним енергоресурсом.

Більшість енергоблоків ТЕС спроектовані для спалювання кам'яного вугілля вітчизняного видобутку з підсвічуванням мазутом або природним газом. Кам'яне вугілля наразі складає 98% паливної бази ТЕС. ТЕС України споживають більше 35 млн. тонн вугілля із зольністю 23–25% і вмістом сірки більше 2%.

Однією з найбільших екологічних проблем енергетики є використання низькоякісного палива. Спалювання великої кількості низькоякісного палива призводить до значних викидів забруднюючих речовин в атмосферу та утворення великої кількості твердих відходів (золи та шлаку). На вугільні електростанції припадає найбільша частина викидів парникових газів в енергетиці, тому що вони мають найвищий коефіцієнт виходу двоокису вуглецю на одиницю виробленої електроенергії порівняно з всіма іншими видами виходу палива.

При спалюванні вугілля в атмосферу надходять значні кількості твердих часточок, що містять недопалений вуглець та оксиди важких металів, також викидаються чадний газ (CO) та токсичні органічні сполуки, включаючи бензапірен та діоксини, що мають канцерогенну дію, летюча зола, сірчистий і сірчаний ангідриди, оксиди азоту, деяка кількість фтористих сполук, а також газоподібні продукти неповного згорання палива.

Діоксид сірки – один з найбільш токсичних газоподібних викидів енергоустановок, який складає більше 90% викидів сірчистих сполук з димовими газами котлоагрегатів (решта – SO₃). Тривалість його перебування в атмосфері відносно невелика: у порівняно чистому повітрі – 15–20 діб, в присутності великої кількості аміаку та інших речовин – декілька годин. За наявності кисню SO₂ переходить в SO₃ і, взаємодіючи з водою, утворює сірчану кислоту. Кінцеві продукти зазначених реакцій розподіляються таким чином: у вигляді опадів на поверхню літосфери – 43%, на поверхню гідросфери – 13%; поглинається: рослинами – 12%, поверхню гідросфери – 13%. Вплив цих продуктів на людей, тварини, рослини та інші речовини різноманітний і залежить від їх концентрації та багатьох факторів навколишнього середовища. Але постійний вплив на 30-кілометровій ділянці негативно впливає на навколишнє середовище.

Викиди пилу в атмосферне повітря осідають і забруднюють ґрунтовий покрив у вигляді радіальних смуг на відстані до 20 км. Пил разом з розігрітим повітрям рухається повітряними потоками, з часом осідаючи на ґрунт.

Викиди ТЕС погіршують стан здоров'я населення, яке проживає на прилеглих до них територіях. Передусім дається взнаки інгаляційний вплив вугільної золи та пилових викидів, які містяться у підвищених концентраціях в атмосферному повітрі зон.

Особливо шкідливими вважаються ті конденсаційні електричні станції, що працюють на низькосортних видах палива. Викиди є постійним джерелом забруднення ґрунтів, ґрунтових вод, річок, атмосферного повітря та погіршують стан здоров'я населення, яке проживає на прилеглих територіях.

Підводячи підсумки слід зазначити, що використання вугілля низької якості призводить до збільшення обсягів шкідливих викидів в атмосферу. Використання вугілля без попереднього збагачення збільшує обсяги питомих викидів оксиду сірки та твердих часток на 30–40% на 1 кВтг виробленої електроенергії. Крім того, висока зольність вугілля не дає можливості досягти високого ККД навіть за наявності найсучасніших котлів і потребує використання додаткового палива для активізації процесу горіння.

Необхідно прагнути на всіх, особливо державному рівні зменшення викидів забруднюючих речовин об'єктами теплової електроенергетики. Це є одним з міжнародних зобов'язань України в рамках договору про приєднання до Енергетичного Співтовариства.

Список інформаційних джерел

1. Савицький О. Спадок ери динозаврів. Огляд теплової енергетики України. – Київ: Національний екологічний центр України, 2014. – 32 с.
2. Екологічна безпека територій: колективна монографія / За редакцією професорів доктора геолого-мінералогічних наук О. М. Адаменка та доктора технічних наук Я. О. Адаменка; Автори: Адаменко Я. О., Адаменко О. М., Архипова Л. М., Гладун Я. Д., Зорін Д. О., Зоріна Н. О., Мандрик О. М., Манюк О. Р., Міщенко Л. В., Орфанова М. Мих., Орфанова М. Мих., Приходько М. М., Радловська К. О., Стельмахович Г. Д., Федак І. А. – ІваноФранківськ: Голіней, 2014. – 442 с.
3. Зелена книга. Зменшення шкідливих викидів у тепловій електроенергетиці України через виконання вимог Європейського енергетичного співтовариства. – Київ, Міжнародний центр перспективних досліджень, 2011. – 43 с.

*Науковий керівник: к.т.н, доцент М.М.Мадані.
Одеська національна академія харчових технологій*

УДК 621.3

УДОСКОНАЛЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ОБОРОТНИХ ВОД РИБНИЦЬКИХ ГОСПОДАРСТВ

Магістр Пашняк Анастасія Володимирівна
Одеська національна академія харчових технологій

Природокористування без урахування екологічних обмежень веде до комплексного порушення стану навколишнього природного середовища (НПС), трансформації природних екосистем. Це, у свою чергу, погіршує якість природних ресурсів і умови життя людини. Особливо актуальною ця проблема є для прісноводних екосистем, як і є джерелом водних та біотичних ресурсів, осередками біорізноманіття, проте поступово деградують у умовах незбалансованої господарської діяльності.

Взявши до уваги досвід у сфері аквакультури найбільш розвинених європейських та азійських держав сьогодні Україна формує нові засади розвитку вітчизняної аквакультури. Суть її полягає у запровадженні ефективних ринкових механізмів виробництва, збільшенні сектору малого та середнього приватного підприємництва (в тому числі рибницьких господарств сімейного типу), застосування новітніх ефективних ресурсо заощадних технологій вирощування живої риби та інших гідробіонтів. Ймовірно за таких обставин сегмент великих повносистемних рибницьких господарств, які працюють за принципом «від ікринки до товарної риби» буде скорочуватися, водночас сегмент малого та середнього виробника, який спеціалізується лише на товарному вирощуванні (від зарибка до риби товарної ваги) збільшуватиметься; відбудуватиметься також фрагментація виробництва в залежності від зовнішніх умов території, потреб ринку, асортименту продукції та цінової політики.

Технології інтенсивного вирощування риби у замкнених штучно створених аквасистемах – установках із замкнутим водопостачанням (УЗВ) та системах з оборотним водопостачанням (СОВ) вважають найперспективнішими, оскільки вони характеризуються найвищим виходом продукції з одиниці виробничих площ при мінімальних обсягах скиду забруднень у природні водойми.

Технологію багатостадійного біологічного очищення оборотної води УЗВ розроблено на базі прогресивних підходів до процесів очищення господарсько- побутових стічних води та відновлення якості води у риборицтві – принципу біоконвеєра і концепції інтегрованої мультитрофічної аквакультури (ІМТА). Таким чином, в процесі очищення оборотної води УЗВ основна частина характерних забруднень трансформується у біомасу кормових організмів, що залучаються до відновлення кондицій забрудненої води. Така біотехнологія поетапного видалення залишків кормів та метаболітів риб дозволяє надати воді найвищих кондицій якості, що є вкрай важливим у системах оборотного водопостачання, забезпечує часткову конверсію незасвоєних рибами цінних компонентів корму, внаслідок чого знижуються витрати на утилізацію утворених відходів та очищення води в цілому. Запропоновано використання для біологічного очищення представників водних рослин та безхребетних, які характеризуються високим біотрансформаційним потенціалом і мають кормову цінність для риб; встановлено умови їх культивування в очисних спорудах для найбільш ефективної деградації забруднюючих речовин, визначено послідовність процесів їх трансформації у технології багатостадійного біологічного очищення оборотної води УЗВ.

У роботі представлено механізм трансформації амонійного Нітрогену у білкову біомасу рослин-очисних агентів у процесі їх прямої асиміляції розчинених сполук Нітрогену та Фосфору з оборотної води. Запропоновано використання видів ряскових (Agaricaceae: Lemnoideae) у процесах видалення даних забруднень з оборотної води як найбільш зручні та технологічні види для культивування у штучно створених екосистемах. Серед головних переваг обраних видів є високий асиміляційний потенціал за макроелементами, легка адаптація до параметрів забрудненої води, висока кормова цінність. У процесі експериментальних досліджень визначено раціональні параметри процесу видалення амонійного Нітрогену у фітореакторі з рясковими. Запропоновано методику розрахунку споруди та розроблено рекомендації пуску та експлуатації фітореактора. Визначено очисну потужність за амонійним Нітрогеном фітореактора з плаваючими водними рослинами, яка залежно від гідравлічного навантаження, питомої біомаси на одиницю площі та режиму освітлення становить $8-14 \text{ rNH}_4^+ / (\text{m}^2 \cdot \text{доб})$.

Відповідно до концепції ІМТА, обґрунтовано доцільність культивування в очисних спорудах черевоногих молюсків, водних олігохет та вищих ракоподібних, які здатні у процесі мінералізації нерозчинених забруднень оборотної води трансформувати їх в власну біомасу. Для підвищення ефективності видалення з оборотної води нерозчинених забруднень запропоновано поетапну їх трансформацію очисними агентами, а також розділення оборотної води на основний потік на концентровану мулово- фекальну суміш. Відповідно, у біореакторі I ступеня відбувається процес мінералізації та укрупнення нерозчинених забруднень та біоплівки, що розвивається на поверхні інертного носія («Вія» або площинне завантаження). За необхідності доочищення води за БСК5, ХСК та завислими речовинами рекомендовано влаштувати біореактор II ступеня, де поряд з гетеротрофною мікрофлорою на поверхні інертного носія культивуються представники вищих ракоподібних – креветки. Мінералізація грубодисперсних забруднень мулово- фекальної суміші забезпечується у затопленому біофільтрі, в біоценоз якого включені водні олігохети. Відповідно до розроблених схем деградації нерозчинених та розчинених органічних сполук за участю гетеротрофної мікробіоти та цільових груп очисних агентів (молюсків, олігохет та ракоподібних) забезпечується трансформація основної частини нітроген- та фосформістких сполук у біомасу вказаних кормових організмів.

Відповідно до технологічних особливостей основних об'єктів індустриального риборицтва та умов формування забруднень оборотної води УЗВ розроблено схеми очищення,

що забезпечують повторне використання води на рівні 95% і вище. Обґрунтовано ефективність використання розробленої технології очищення оборотної води при вирощуванні декоративних гідробіонтів, а також зникаючих, цінних видів іхтіофауни з метою подальшої інтродукції їх у природні водойми. Для УЗВ з вирощування видів, найбільш перспективних для України, розраховано економічний ефект від впровадження розробленої технології багатостадійного біологічного очищення.

Переваги багатостадійної технології очищення оборотної води пов'язані з можливістю ефективного залучення до видалення специфічних забруднень цільових груп гідробіонтів, які володіють високим очисним потенціалом та одночасно мають кормову цінність для риб. Основними очисними агентами, яких варто долучити до процесів відновлення якості води, є вищі водні рослини, червоногі моллюски, вищі ракоподібні та олігохети.

Інформаційні джерела

1. Кононцев С.В. Екологічна біотехнологія очищення стічних вод та культивування кормових організмів/ С.В. Кононцев, Л.А. Саблій, Ю.Р. Гроховська. – Рівне: нувгп, 2011. – 151 С.
2. Проскуренко И. В. Замкнутые рыбоводные установки / И. В. Проскуренко Москва : ВНИРО, 2003 – 152 с.
3. Гогина Е. С. Удаление биогенных элементов из сточных вод : монографія / Е. С. Гогина – М. : МГСУ, 2010. – 120 с.

УДК 62-9

ТЕХНОЛОГИЯ ДООЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД МЕТОДОМ ОЗОНИРОВАНИЯ

Трухачева Д.Е., магистр

Одесская Национальная Академия Пищевых технологий, Одесса

Проблема очистки промышленных и ливневых сточных вод от нефтепродуктов продолжает оставаться одной из самых острых в водоотведении.

Одним из методов обработки сточных вод, позволяющим эффективно воздействовать является озонирование. Озон является аллотропической модификацией кислорода, обладающей высокой окислительной способностью. Озон подают в сточную воду в виде озона – воздушной или озono-кислородной смеси. Концентрация озона в смеси - около 3 %. Для усиления процесса окисления смесь диспергируют в сточной воде на мельчайшие пузырьки газа.

Озонирование воды, загрязненной нефтепродуктами, способствует улучшению органолептических ее свойств, так как при этом вода обесцвечивается, разрушается нефтяная пленка на ее поверхности, исчезает специфический запах нефтепродуктов; концентрация нефтеуглеводородов снижается до 2—3 мг/л, а содержание растворенного кислорода повышается до 8—10 мг/л, что позволяет использовать ее повторно или сбросить в водоем без дополнительной очистки. После озонирования в ряде случаев нет необходимости в биохимической очистке и доочистке воды. Нефтепродукты сточные воды проходят предварительную физико-химическую очистку на флотационной установке. При растворении свободного озона озонирование производят в две ступени. Вода при этом предварительно фильтруется, что позволяет снизить содержание в ней взвешенных веществ, и растворенных нефтеуглеводородов. Фильтры применяют как напорные, так и безнапорные.

Влияние окисления озоном на удаление нефтепродуктов из воды:

- Окисления озонем включает в себя непосредственную реакцию и непрямую реакцию.
- Скорость реакции связана с концентрацией загрязняющих веществ, озона и $\cdot\text{OH}$.
- Таким образом, существует много факторов, которые оказывают влияние на окисление озона. В данной статье обсуждается значимость дозировки озона, времени реакции, температуры реакции и pH на окисление нефтяных загрязняющих веществ
- Дозировка озона является важным параметром при озонировании нефтесодержащих стоков и непосредственно влияет на эффективность обработки и затрат на эксплуатацию.
- Низкая дозировка влияет на низкую эффективность окисления, в то время как слишком высокая в образовании промежуточных продуктов, которые оказывают неблагоприятное воздействие на последующую очистку, что приводит к увеличению инвестиций и эксплуатационных затрат.
- Когда дозировка озона ниже, чем содержание нефтепродуктов, остаточный озон имеет низкие значения, а коэффициент эффективности использования озона возрастает.
- Однако, когда дозировка озона выше, чем содержание нефтепродуктов, показатель остаточного озона является высоким, а коэффициент использования озона низким.

Выводом из этого следует: озон оказался настолько мощным, что окисление может изменить состав и структуру нефти и окислять высокие молекулярные органические вещества в низкомолекулярных органических соединениях и даже разложить некоторые органические вещества непосредственно в CO_2 и H_2O .

Научный руководитель – Якуб Л.Н. д.т.н. проф..

УДК 622.692

НЕСТАНДАРТНИЙ СПОСІБ ПІДГРІВУ НАФТИ ЗА РАХУНОК ТЕПЛОВИХ ВИКИДІВ З КОМПРЕСОРНИЙ СТАНЦІЇ

**Черниш Г. С, магістрант
Одеська національна академія харчових технологій**

На території України є розвинена мережа магістральних газопроводів (МГ) і магістральних нафтопроводів (МН), Орієнтовна довжина газопроводів - 37,2 тис.км. У тому числі МГ "Уренгой-Помари-Ужгород", "Прогрес", "Союз". До складу МГ входять 72 компресорні станції (КС), які включають 112 компресорних цехів з 786 газоперекачуючими агрегатами. У тому числі 456 агрегатів з газотурбінними двигунами, 175 агрегатів з електроприводом і 155 газомотокомпресорів.

Магістральні нафтопроводи України складаються з трьох транспортних систем: «Придніпровські магістральні нафтопроводи» (протяжність магістральних нафтопроводів 2310 км), «Магістральні нафтопроводи», «Дружба» (довжина магістральних нафтопроводів 1540 км) і «Південні магістральні нафтопроводи». Загальна протяжність магістральних нафтопроводів в Україні 4569 км. На трасах цих нафтопроводів споруджена 39 нафтоперекачувальних станцій.

Природний газ транспортується по МГ під тиском. Існує два режиму транспортування газу (40 ÷ 55) бар і (55 ÷ 75) бар. Підвищення тиску природного газу досягається на компресорних станціях (КС) за допомогою газоперекачувальних агрегатів (ГПА).

При роботі ГПА відходять продукти згоряння після газотурбінного двигуна (ГТД). Вони мають температуру (370 ÷ 500) °С, а масові витрати продуктів згоряння що відходять, від 15 до 100 кг

Проблема утилізації теплових викидів на КС України практично не вирішена. На КС встановлено обмежену кількість утилізаційних тепло-обмінників для отримання гарячої води на власні потреби. Існує технічна проблема повної та глибокої утилізації теплових викидів.

Пропонується теплові викиди від роботи ГТД використовувати для підігріву нафти в магістральних нафтопроводах. Яким чином це можливо? Нафтопроводи і газопроводи на деяких ділянках території України лежать в одному технічному коридорі або перетинаються біля КС. Наприклад, один технічний коридор для магістральних трубопроводів є на ділянках: КС Луганськ – КС Лисичанськ (газопровід Ø720 мм - 2 нитки, нафтопровід Ø720 м - 1 нить);

КС Марівка – КС Луганськ (газопровід Ø820 - 3 нитки, нафтопровід Ø720 – 1 нить).

КС Машівка – КС Кременчук (газопровід Ø720 мм - 1 нить, нафтопровід Ø720 м - 1 нить).

Магістральні трубопроводи по газу та нафти, які перетинаються поблизу газокompресорних станцій: «Роменська» «Угорське», «Долина», «Ужгород», «Кіровоград-Волинський», «Коростен».

По трасі магістральних нафтопроводів розташовуються нафтоперекачечні станції. До їх складу входять нафтеподогреватели. Для підігріву використовують вогневі підігрівачі, паливом для яких може бути природний газ або перекачується нафта, а також для підігріву використовують рекуперативні теплообмінники, що працюють на гарячій воді або парі.

Подача гарячої води або пари на нафтопідігрів можлива від котла-утилізатора близько розташованої КС. В цьому і полягає суть конструктивної пропозиції.

Відомо, що підігрів нафти з 25 °С до 40 °С знижує її в'язкість приблизно в 2 рази. Це дозволяє збільшити пропускну здатність нафтопроводу, ефективно і економічно перекачувати нафту. Наприклад, при витраті паливного газу на ГТД 5000 м³/год можливо підігрівати потік нафти з витратою 600 м³/ год на 15 °С. Підігрів здійснюється гарячою водою (110-130°С, 4 бари) від котла- утилізатора КС.

Було виконано орієнтовний розрахунок такого способу підігріву нафти. Нафтопровід знаходиться в одному технічному коридорі з газопроводом або перетинає газопровід недалеко (до 10 км) від КС. При роботі одного ГПА-16 на підігрів нафти можна направити орієнтовно 20000 кВт теплоти, утилізуємої при охолодженні продуктів згоряння з 500°С до 150°С. Підігрів нафти здійснюється технічною водою з тиском по манометру 4 бари, витратою близько 300 м³ / год, температурою 110°С на вході в нафтопідігрівач і 60°С на виході з нього. Нафтопідігрівач і теплообмінники для підігріву технічної води є кожухотрубні апарати з поверхнею теплообміну близько 1000 м². Температура нафти на вході в підігрівач 20°С, а на виході 40°С. Витрата нафти - 600 м³ / год. Зменшення значень коефіцієнтів кінематичної в'язкості нафти при її підігріві оцінюється в 2 рази, відповідальне стає можливим збільшувати швидкість нафти, що транспортується або зменшити енерговитрати на привід насосів. Відстань до наступного теплового пункту підігріву нафти приблизно 40 км. Якщо підігрівати нафту традиційним способом, наприклад, спалюючи природний газ в вогневих подогревателях, то необхідно спалити в рік до 12 млн. м³ природного газу. конструкції, режиму роботи, характеристикам і маркам перекачується нафт).

Як приклад визначимо коефіцієнт кінематичної в'язкості нафти за рівнянням Вальтера при температурі 313 К, якщо відомі коефіцієнти кінематичної в'язкості при двох інших температурах:

при $T_1 = 293 \text{ K} \rightarrow \nu_1 = 0,316 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ или 31,6 сСт; Марка Urals, при 20°С

при $T_1 = 323 \text{ K} \rightarrow v_1 = 0,105 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ или 10,5 сСт. Марка Urals, при 50°C

Знайдемо значення доданка «а» і коефіцієнта «b»

$$b = \lg[\lg(v_1 + 0,8) / \lg(v_2 + 0,8)] / \lg(T_1 / T_2) =$$

$$= \lg[\lg(31,6 + 0,8) / \lg(10,5 + 0,8)] / \lg(293 / 323) = -3,7012$$

$$a = \lg[\lg(v_1 + 0,8) - b \cdot \lg T_1] = \lg[\lg(31,6 + 0,8) - (-3,7012) \cdot \lg 293] = 9,3095$$

З використанням знайдених значень «а» і «b» визначаємо коефіцієнт кінематичної в'язкості нафти при заданій температурі 313 К.

$$\lg[\lg(v + 0,8)] = a + b \cdot \lg T = \lg[\lg(v + 0,8)] = 9,3095 + (-3,7012) \cdot \lg 313 = 0,072991$$

$$\lg(v + 0,8) = 10^{0,072991} = 1,18302$$

$$v + 0,8 = 10^{1,18302} = 15,241$$

$$v = 14,44 \text{ мм}^2/\text{с} \text{ або } 14,44 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

Зменшення коефіцієнта кінематичної в'язкості нафти марки Urals при підігріві від 20°C до 40°C оцінюється в $31,6 / 14,44 = 2,19$ рази.

Для довідки. **Urals** — російська марка експортної нафти. Виходить змішанням в системі трубопроводів "Транснафти" важкої, високосернистої нафти Уралу і Поволжя (вміст сірки досягає 3,0%) з легкої западно-Сібірської нафтою Siberian Light (вміст сірки 0,57%). Підсумкове значення сірки в нафті Urals має становити $1,2 \div 1,4\%$, щільність $860 \div 871 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Наукова проблема полягає в розробці ескізу схеми нової системи для утилізації теплових викидів ГТД з метою підігріву нафти, що транспортується, а також попереднього моделювання її роботи.

Позитивний ефект від підігріву нафти полягає в зменшенні в'язкості, що в свою чергу призводить до зменшення коефіцієнта гідравлічного опору.

Відстань від компресорної станції до нафтопроводу становить декілька кілометрів. Для підігріву нафти доцільно використовувати проміжний теплоносіє. Вода технічної якості (мережева вода) повністю відповідає вимогам до якості такого проміжного теплоносія.

Підігрів технічної води гарячим газом в котлі-утилізаторі проводить не варто через можливе відкладення накипу на внутрішній поверхні труб теплообмінника і з подальшим виходом його з ладу. У котлі-утилізаторі в якості теплоносія слід використовувати котельню воду, в якій відсутні солі (карбонати). Випадання відкладень на поверхні труб з такої води не спостерігається.

Котельня вода буде передавати теплоту технічній воді в теплообмінних-ках рекуперативного типу. Температура котельні води забезпечує Маловероятно випадання карбонатів на поверхні теплообмінника. На рисунку наведена схема теплоутилізаційних системи.

Система призначена для підігріву нафти в магістральному нафтопроводі утилізаційної теплою газів, що відходять газотурбінного двигуна компресорної станції. Все обладнання системи (котел-утилізатор, теплообмінники, трубопроводи та ін.) Розташовується між газо- і нафтопроводами, відстань між якими може бути кілька кілометрів. Для зменшення втрат тепла в навколишнє середовище гарячі труби та інші елементи системи потрібно теплоізулювати. Основними елементами системи є нагнітач природного газу, газотурбінний двигун, котел-утилізатор, поверхневі теплообмінники, теплові пункти підігріву нафти.

Опис роботи газотурбінного двигуна в наступному. Навколишнє повітря засмоктується багатоступеневим осьовим компресором і на виході має тиск $1,6 \div 2,5 \text{ МПа}$. На схемі зображено ступені осьового повітряного компресора (п.п. 5,6). Повітря надходить з компресора в камеру згоряння 4, туди ж подається природний газ з тиском $1,6 \div 2,5 \text{ МПа}$. Повітря подається в 4 рази більше, ніж потрібно для спалювання паливного газу. При згорянні паливного газу утворюються продукти згоряння з температурою 1200°C , а не 1800°C . Такий рівень температур виходить при коефіцієнті надлишку повітря 3 ... 6 і регулюється його зміною. З камери згоряння газу надходять на турбіну високого тиску 3, потім на силову турбіну 2. Турбіна високого тиску є приводом повітряного компресора, а силова турбіна обертає відцентровий компресор або нагнітач природного газу. У нагнітачі підвищується тиск технологічного природного газу від 5 до $7,5 \text{ МПа}$. Газу з температурою $400 \div 500^\circ\text{C}$, що

просторі нагрівається нафта на $20 \div 40$ °С, в трубному просторі охолоджується проміжний теплоносієм- технічна вода.

Система забезпечена запірною-регулюючою арматурою, контрольно-вимірюючих приладами і автоматикою.

Висновок. Запропоновано принципову схему нової теплоутилізаційної системи для підігріву нафти, яка транспортується магістральним трубопроводом. Особливістю системи підігріву є утилізація теплоти продуктів згоряння на компресорній станції магістрального газопроводу.

Інформаційні джерела

1. Кологривов М.М., Сагала Т.А., Бузовський В.П. Котли – утилізатори / Одеська національна академія харчових технологій, 2015. – 83 с.
2. Коршак А.А. Ресурсосберегающие методы и технологии при транспортировке и хранении нефти и нефтепродуктов/А.А. Коршак. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2006. – 192 с.
3. Шелковский Б.И., Патыченко А.С., Захаров В.П. Утилизация и использование вторичных энергоресурсов компрессорных станций. – М.: Недра, 1991. – 180 с.
4. Коршак А. А. Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов. Учебник для вузов/ А. А. Коршак, А. М. Нечваль. – СПб: Недра, 2008. – 488 с.

Науковий керівник: Кологривов М. М., канд. техн. наук, доцент ОНАХТ

УДК 62-9

СПОСОБИ УТИЛІЗАЦІЇ СУДНОВИХ ВІДХОДІВ НА СУДАХ І НА ТЕРИТОРІЇ МОРСЬКОГО ПОРТУ «ПІВДЕННИЙ»

Баранова О.І., студентка
Одеська національна академія харчових технологій

В теперішній час екологічна проблема набула гострого характеру, особливо у XXI столітті. Науково-технічний прогрес, інтенсивна господарська діяльність людства, пошук на морі та тотальний матеріалізм, воєнні дії та міждержавні конфлікти негативним чином впливають як на Світовий океан, так і на всю планету в цілому.

Морський транспорт одним з перших зіткнувся з проблемою збереження чистоти Світового океану. В процесі нормальної експлуатації судна і роботи людей, утворюються відходи, в результаті накопичення яких з'являється проблема з їх постійної або періодичної утилізації. Поряд з іншими забруднювачами, відходи, що скидаються з суден, є стійкими і, в більшості випадків, найбільш небезпечними забруднювачами, що порушує природний процес самоочищення водного середовища. Для вирішення проблеми охорони Світового океану від забруднення і проблеми поводження з відходами на судні існують міжнародні Конвенції та угоди, що передбачають ефективні заходи запобігання забрудненню морського середовища. Згідно з Додатком V Конвенції МАРПОЛ, до даного виду забруднення відносяться всі види харчових, побутових і експлуатаційних відходів, всі види пластмас, залишки вантажу, топкова зола, кухонний жир, рибальські снасті та туші тварин. Все це утворюється в процесі нормальної експлуатації судна і підлягає або безперервному, або періодичному видаленню. Для запобігання утворенню відходів або мінімізації їх утворення на судні мають здійснюватися дії, спрямовані на: зменшення кількості предметів і матеріалів, що скеровуються на остаточну утилізацію або поховання; відмова від зайвої упаковки; закупівлі

тільки необхідної кількості предметів і матеріалів; використання предметів багаторазового або тривалого користування замість одноразових там, де це можливо. На судах (пасажирські, транспортні, технічний флот, екологічні станції) передбачене спеціальне обладнання для утилізації суднових відходів, що допомагає зменшити об'єм відходів та підготувати їх до подальшої задачі в порт.

На території морського порту також може знаходитись установка для утилізації відходів з суден термічним методом, що дозволяє переробляти відходи, нейтралізуючи і очищуючи продукти розкладання, а також утилізувати теплову енергію, що виділяється в процесі спалювання відходів. У роботі розглядалась сміттєспалювальна установка, що знаходиться на території морського торговельного порту «Південний», яка утилізує медичні, ветеринарні, карантинні відходи, нафтові шлами, відпрацьовані масла, ТПВ, які здаються з суден, а вироблювана теплова енергія використовується на особисті потреби комплексу.

Інформаційні джерела

- 1) Торский В.Г. Марпол 73/78.- М.: Экология [Текст] 2005. – 64 с.
- 2) Тимченко Л.Д. Міжнародне право / Кононенко В.П. - К. : Знання, 2012. - 631 с. - (Вища освіта ХХІ століття).
- 3) Пимошенко А.П. Предотвращение загрязнения окружающей среды с судов. – М.: Мир, 2004. - 320 с.
- 4) Зубрилов С.П. Охрана окружающей среды при эксплуатации судов. [Текст] С.-Петербург:Судоостроение, 1989.– 256с.
- 5) План поводження з судновими відходами та залишками вантажу в ЮФ ДП «АМПУ» (адміністрації МП «Южний») : наказ від 04.06.2018 № 397 : ВНД- 122/40:2018. – Офіц. вид. – К : ЮФ ДП «АМПУ» (адміністрація МП «Южний»), 2018. – 45 с.
- 6) Поводження з відходами з допомогою комплексів Eco [Електронний ресурс] / GreenEx Eco технології для екології – Режим доступу до сайту : <https://greenex-eco.com/othod/>
- 7) Опис технологічного комплексу ТКПО-300 [Електронний ресурс] / Green power eco friendly technology – 2016 р. – Режим доступу до сайту : <http://uglezhog.ru/products/2014-06-26-15-46-44/rus/>
- 8) Закон України "Про охорону праці"[Текст] редакція Гандзюк,2003

*Науковий керівник – Якуб Л.М. д.т.н. проф.,
Одеська національна академія харчових технологій*

УДК 621

РОЗРОБКА І ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З КОМБІНОВАНИМ ВИКОРИСТАННЯМ ТРАДИЦІЙНИХ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

**Балаєвич О.О., магістр
Одеська національна академія харчових технологій**

Паропоглинаюча холодильна система є найкращою альтернативою паровій компресійній холодильній системі, яка вимагає багато електроенергії та створює проблему, а саме руйнування озонового шару. Абсорбційна холодильна система має менші експлуатаційні витрати оскільки зовнішня робота не потрібна, як при стисненні пари холодильною системою. Крім того, абсорбційна холодильна система має менший негативний вплив на озоновий шар, оскільки холодоагент CFC – не використовується. Незважаючи на переваги абсорбційної

холодильної системи, вона не використовується в комерційних цілях через низьку продуктивність і тому потребує вдосконалення.

У літературі було проведено ряд досліджень для поліпшення ефективності системи поглинання холодильної камери прямо чи опосередковано. Випарник, абсорбер, розчинний теплообмінник, генератор та конденсатор розглядаються як теплообмінники.

Деван та ін. (2004) розглядали покращення продуктивності теплообмінника з використанням різних зовнішніх вставки. Огляд методів підвищення теплопередачі використання різних зовнішніх вставок було обговорено Лю і Сакр (2013).

Було розглянуто конструкцію різних типів поглинальних систем охолодження, що підвищують продуктивність Сріхірін, Апхорнратана та Чунпайбулпатана (2001) та Кан, Кунугі та Кашивагі (2000).

Огляд літератури щодо специфічних властивостей іонних рідин як робочих рідин для циклів поглинання був проведений Хамуші, Пархамом та Атіколом (2013). Теплофізичні властивості наночастинок у суспензії щодо ефективності холодоагенту та теплопередачі нанохолодоагенту, який використовується в парокompресійній холодильній системі, були розглянуті Saidur та ін. (2011).

Багато дослідників працювали над гібридною системою охолодження, яка являє собою комбінацію системи стиснення пари та системи поглинання пари для покращення продуктивності. У гібридних холодильних системах пари холодоагенту стискаються механічно, поглинаються і десорбуються в рідкому розчині.

Суміш холодоагентів використовується як робоча рідина в цій системі. Головною перевагою гібридної системи є те, що для суміші холодоагентів доступний широкий діапазон температур. Процес теплообміну між робочими рідинами в гібридній холодильній системі покращується за рахунок зменшення незворотності.

СОР комбінованої компресійно-абсорбційної холодильної системи вищий, ніж звичайна парокompресійна холодильна система, через різницю низького тиску в компресорі для заданої температури навколишнього середовища та температури охолодження (Srikhirin, Arpornratana та Chungpaibulpatana 2001). Ріфат і Шенкланд (1993) запропонували поєднання різних систем поглинання та системи стиснення та вивчили ефективність роботи з різною парою холодоагент / поглинач. Вони дійшли висновку, що КС інтегрованої системи кращий за звичайну систему.

Радермахер (1987) вивчав ефективність парокompресійного циклу теплового насоса з поглиначем / десорбером, використовуючи суміш R-22 та R-113 як робочу рідину. Вони виявили, що охолоджуючий COP збільшується до 57 % і знижується коефіцієнт тиску на 69% у порівнянні зі звичайним холодильним циклом стиснення пари R-22.

Джордж, Марк і Срініваса Мерті (1989) здійснили програму термодинамічний аналіз компресійно-абсорбційного тепла насос із застосуванням R-22-диметилформаміду (DMF). Для аналізу вони припустили, що стиснення та розширення є ізотропними, рівноважний вихід у поглиначі та десорбера, 100% ефективність теплообмінника та відсутність втрат тепла та тиску у всіх компонентах системи. З аналізу вони виявили, що COP сягає 6 і температура піднімається до 60 ° C за певних умов роботи гібридного теплового насоса.

Groll та Rademacher (1994) підготували імітаційну модель циклу стиснення пари з одноступінчастою схемою розчину та циклу з теплообмінником десорбера / абсорбера, використовуючи CO₂-ацетон та R-23-DEGDME як робочу пару. Вони прийшли до висновку, що нижче 70 K температурний цикл стиснення пари стисненням з одноступеневим розчином дає більше COP і потужність при меншому співвідношенні тиску, тоді як вище 70 K температурний цикл підйому з десорбером / поглиначем теплообмінника дає кращі показники, ніж цикл стиснення пари при одно- сценічне рішення.

Херд і Холланд (1997) змоделивали систему поглинання / стиснення NH₃ – Li-нітратів холодильної системи для діапазону 0–100 % механічного стиснення пари і дійшов висновку, що NH₃ – Лінітрат поєднує в собі абсорбційно-компресійну холодильну систему це збільшує загальну ефективність до 10 %.

Tarique та Siddiqi (1999) здійснили порівняння комбінованого циклу стиснення-поглинання з використанням робочої пари $\text{NH}_3 - \text{NaSCN}$ та звичайного циклу стиснення з використанням чистого NH_3 . Результатом показав, що комбінований цикл стиснення-поглинання з використанням розчину $\text{NH}_3 - \text{NaSCN}$ дає кращі показники порівняно зі звичайним циклом стиснення з використанням NH_3 та знижує експлуатаційні витрати.

Agun, Maiya та Srinivasa Murthy (1999) вивчали вплив тиску всмоктування та нагнітання, температури генератора та поглинача на коефіцієнт циркуляції, температуру нагнітання та нагрівання COP для одноступінчастого компресійно-абсорбційного теплового насоса, використовуючи R134a-диметилацетамід. Після дослідження вони виявили, що для коефіцієнта низького тиску та високотемпературного підйому компресійно-абсорбційний тепловий насос забезпечує кращі показники, ніж звичайний цикл стиснення.

Йенсен та ін. (2015) запропонував компресійний тепловий насос для абсорбції $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$ для промислового теплопостачання. Вони оцінили робочу область компресійного теплового насоса $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$ на основі економічного аналізу. Результати показують, що компресійний компресійний тепловий насос здатний забезпечувати більш високу температуру подачі тепла до 150°C і більш високу температуру підйому до 60K .

Чжен і Мен (Zheng and Meng, 2012) вивчали вплив тиску компресора на продуктивність гібридного холодильного циклу. Вони також включали інші параметри, такі як коефіцієнт циркуляції та концентрична різниця. Вони дійшли висновку, що гібридний цикл охолодження змінюється залежно від тиску на виході з компресора. Крім того, це залежить від того, який підцикл є ефективним у гібридному холодильному циклі.

Він та ін. (2015) запропонували гібридну систему охолодження, яка являє собою комбінацію транскритичної підсистеми теплового насоса з використанням R744 та двоступеневої поглинаючої підсистеми LiBr - H_2O , як показано на малюнку 8. Вони провели теоретичне дослідження ефективності дво-стадія поглинання транскритичної гібридної холодильної системи.

Результати показують, що COPnet (відношення охолоджуючого ефекту низькотемпературного тепла до низькосортного споживання тепла гібридною системою) підвищується на 55 % вище, ніж нормальна двоступенева абсорбційна холодильна система та COPmt (відношення потужності охолоджуючого ефекту при механічній роботі до механічних витрат роботи гібридної системи) на 50 % перевищує звичайний транскритичний тепловий насос за умов експлуатації температури випарника 7°C , температури конденсатора та абсорбера 35°C та температури генератора $45-55^\circ\text{C}$. Отже, ця нова холодильна система може досягти температури випарника 7°C , використовуючи наднизьку температуру.

Кайруані та Нехді вивчали ефективність охолодження та економію енергії компресійно-абсорбційної холодильної системи з використанням геотермальної енергії в Тунісі. Вони проаналізували комбінований цикл із температурою випаровування 263K , температурою конденсатора 308K і температурою генератора при 335K , яка отримувала тепло від джерела геотермальної температури в діапазоні $343-349\text{K}$. $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$ пара вибрана для абсорбційної системи, і оцінено 13 різних холодоагентів (R717, R22, R134a, R32, R123, R410a, R404a, R407c, R143a, R152a, R125, R507 і R227), щоб знайти найкращого кандидата для стиснення паром. Результат показує, що коефіцієнт коефіцієнта корисної дії в комбінованій системі вищий, ніж у холодильного циклу з однокомпресійним стисненням та парообмінного холодильного циклу в однакових робочих умовах. Електрична енергія, яка споживається в комбінованому циклі, приблизно на 37-54 % менше, ніж система охолодження з однокомпресійним стисненням (працює з R717, R22 або R134a) за однакових робочих умов.

Sachdeva, Jain та Kachhwaha (2014) представили перший закон аналізу каскадної системи стиснення пари та паропоглинання, для різного діапазону холодопродуктивності. Вони дійшли висновку, що каскадна система має вищий коефіцієнт коефіцієнта корисної дії, ніж звичайна система стиснення пари та система поглинання пари. Крім того, при високій потужності охолодження, коефіцієнт корисної дії каскадної системи в основному залежить від продуктивності конденсатора.

Гарімелла, Браун та Нагаварапу (2011) вивчали новий цикл каскадного поглинання / стиснення, який являє собою поєднання циклу поглинання $\text{LiBr} - \text{H}_2\text{O}$ та підкритичного циклу охолодження стисненням парів CO_2 . Вони використали цей цикл каскаду для трьох застосувань. Одним із застосувань є охолодження електронної системи з мінус $40\text{ }^\circ\text{C}$ низькотемпературним холодоагентом. Друге - для кондиціонування приміщення з холодоагентом з температурою $5\text{ }^\circ\text{C}$, а третє - нагрівання води із середньотемпературним відводом тепла. Вони підготували термодинамічну модель та проаналізували її для широкого кола робочих умов. Результат порівнюється із звичайним циклічним холодильним циклом стиснення пари. Порівняння показує, що каскадний цикл дає вищий коефіцієнт корисної дії, ніж еквівалентна двоступенева система охолодження з стисненням пари, і зменшує споживання електроенергії до 31% у порівнянні з одноступеневою еквівалентною системою охолодження з стисненням пари.

Мухопадхяї і Чоудхурі (2013) вивчали ефективність каскадної холодильної системи із зберіганням на сонячних батареях. Ця система виконана послідовним підключенням електричної парокompресійної холодильної системи з паровим стисненням та холодильної системи з абсорбцією пари на сонячній енергії. COP сонячної каскадної холодильної системи на $25\text{--}30\%$ перевищує звичайну парокompресійну холодильну систему. Крім того, споживання енергії зменшується на 50% у порівнянні з парокompресійним холодильним агрегатом каскадної системи.

Ву та ін. (2016) вивчали ефективність теплового насоса з абсорбцією за допомогою стиснення $\text{NH}_3 - \text{H}_2\text{O}$ в холодних умовах. Результат показав, що САНР може ефективно працювати при нижчій температурі на вході в випарник. При температурі генератора $130\text{ }^\circ\text{C}$ абсорбційний тепловий насос може працювати лише тоді, коли температура на вході в випарник перевищує мінус $10\text{ }^\circ\text{C}$, тоді як САНР може ефективно працювати, коли температура на вході в випарник становить лише мінус $25\text{ }^\circ\text{C}$. Потужність нагріву може бути підвищена за допомогою САНР до $55,5\%$, коли температура на вході в випарник становить мінус $5\text{ }^\circ\text{C}$ і поліпшення на 85% при мінус $10\text{ }^\circ\text{C}$ на вході в випарник. КС на основі генераторного теплового насоса може бути покращений за допомогою теплового насоса САНР в будь-яких умовах.

У цій роботі були розглянуті дослідження, проведені з метою покращення роботи абсорбційної холодильної системи шляхом модифікації базової абсорбційної холодильної системи. Кілька досліджень показали, що КС абсорбційної холодильної системи можна покращити шляхом модифікації системи. Система подвійного ефекту та поглинання петлі забезпечує вищий коефіцієнт корисної дії, ніж системи з одним ефектом. Комбінований цикл охолодження та стиснення парів із охолодженням забезпечує кращі показники, ніж окремий базовий цикл. Крім того, КС а було встановлено, що комбінована система ежектора та абсорбції вища ніж звичайні системи. Подальші дослідження необхідні для застосування вищезгаданих модифікацій до побутового холодильника та кондиціонера, які може працювати на циклі поглинання так, щоб споживана потужність становила зменшено.

*Науковий керівник Тітлов О.С.. д-р техн. наук, професор.
Одеська національна академія харчових технологій*

РОЗРОБКА І ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ТЕПЛОАВАНТАЖЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З КОМБІНОВАНИМ ВИКОРИСТАННЯМ ТРАДИЦІЙНИХ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Білецький А.М., магістр

Одеська національна академія харчових технологій

Справжня наукова робота магістра присвячена пошуку перспективних теплоізоляційних покриттів теплосилового обладнання на рівні температур 250–450 °С.

Дослідження спрямовані на теплоізоляційні покриття складних просторових елементів енергетичного обладнання, наприклад, генераторних вузлів, абсорбційних холодильних агрегатів.

У сучасних конструкціях систем життєзабезпечення (СЖЗ) для вирішення завдань теплоізоляції використовують матеріали зі скловолокна і базальтової вати. Обидва ці матеріали, особливо перший, характеризуються підвищеною небезпекою для здоров'я людини через мікрочастинок скла знаходяться в складі матеріалу. На виробництві технологічних процес складання теплоізоляції і скловолокна відносяться до категорії підвищеної небезпеки. Збирачі зобов'язані працювати в захисних дихальних засобах (респіратор, захисна маска і т.д.) Однак тим не менше залишається небезпека ураження очей і легенів. Часто це призводить до виникнення онкологічних захворювань.

Відомо альтернатива матеріалами зі скловолокна - це спінена кераміка, отримана методом "дублювання матриці". Теплоізоляційні властивості такої кераміки визначаються пористістю твердого матеріалу. Кількість пір, із загальних міркувань, має відповідати підвищенню теплоізоляційних властивостей, але одночасно збільшує крихкість конструкції. Для кількісної оцінки теплопровідних властивостей такої пористої кераміки розроблено експрес-метод визначення термічного опору шару або метод визначення ефективного коефіцієнта теплопровідності. Метод обґрунтований теоретично і реалізований в експериментальній установці. Отримано результати дозволяють конкурувати високопористої теплоізоляції з відомими матеріалами. Таким чином актуальність роботи визначається як завданнями енергозбереження (мінімізації втрат в навколишнє середовище) так і завданнями екологічної та санітарно-гігієнічної безпеки виробництва.

Мета роботи це пошук теплоізоляційних матеріалів теплового обладнання на рівні температур 250–450 °С, які задовольняють екологічним і санітарно-гігієнічним вимогам.

Об'єкт дослідження - перспективні пористі теплоізоляційні матеріали на основі спіненого кераміки.

Предмет дослідження - теплопровідні властивості цих матеріалів.

Методи дослідження - теоретичний аналіз і експеримент.

Теплова ізоляція в сучасній промисловості відіграє важливу роль. З її допомогою вирішують питання життєзабезпечення, організації технологічних процесів, економії енергоресурсів. Теплоізоляційні конструкції є невід'ємною частиною захисних елементів промислового обладнання, трубопроводів, частин промислових будівель. Завдяки ізоляції значно підвищуються надійність, довговічність і ефективність експлуатації будівель, споруд та обладнання.

Теплова ізоляція виконує наступні функції:

- 1) знижує теплові втрати в навколишнє середовище від об'єктів (будівлі, споруди, обладнання, трубопроводу та ін.);
- 2) забезпечує нормальний технологічний процес в апаратах;

- 3) підтримує задані температури компонентів в технологічних процесах;
- 4) створює нормальні температурні умови для обслуговуючого персоналу;
- 5) зменшує температурні напруги в металевих конструкціях, вогнетривкої футеровки.

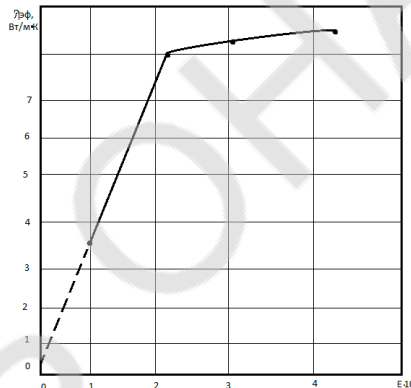
Для розрахунку і проведення теоретичних досліджень холодильника абсорбційно-дифузійного типу з тепловою трубою в низькотемпературному відділенні необхідно визначити умови теплообміну між випарником СЖЗ і стінкою низькотемпературного відділення. В даний час розроблені схеми холодильників абсорбції, в яких тепла зв'язок трьох-поточного випарника СЖЗ із задньою стінкою короба низькотемпературного відділення здійснюється через зазор, заповнений стиснутим (в порівнянні з початковим станом) ВПЯМ.

Найбільш надійні результати можуть бути отримані при проведенні досліджень на ділянці зі стаціонарним тепловим потоком. У зв'язку з цим поставлені наступні завдання експерименту:

а) вимірювання температурного поля по поверхні і об'єму ВПЯМ при різного ступеня стиснення;

б) визначення термічного опору і ефективної теплопровідності ВПЯМ.

Як об'єкт дослідження застосовувався ВПЯМ з міді товщиною 10 мм, отриманий методом спінування, а так-же стислі зразки ВПЯМ товщиною 4,5, 3,2, 2,3 мм.



Залежність ступеня стиснення дослідних зразків ВПЯМ від їх товщини

Товщина дослідженого зразка ВПЯМ, м	0,0100	0,0045	0,0032	0,0023
Ступінь стиснення, $\varepsilon \cdot 10$	0,10	0,22	0,31	0,43

ВИСНОВКИ

1. Спростити технологію виготовлення теплоізоляційного кожуха генератора СЖЗ можливо за допомогою застосування матеріалів на основі пористої кераміки, технологія виробництва яких розроблена Інститутом порошкової металургії (Пермь, Росія).

2. Спростити технологію виготовлення теплоізоляційного кожуха генератора СЖЗ можливо за допомогою застосування матеріалів на основі пористої кераміки, технологія виробництва яких розроблено Інститутом порошкової металургії (Пермь, Росія)..

3. Розроблено інноваційне теплоізоляційне покриття (кожух) складної просторової конструкції генераторного вузла холодильника абсорбції з рівнем температур до 450 °С на основі високопористої кераміки. Нове покриття гарячої зони дозволяє:

а) поліпшити експлуатаційні характеристики холодильників абсорбції в частині зниження енергоспоживання;

б) поліпшити санітарно-гігієнічні умови праці в виробництві за рахунок виключення операції набивання скловолкна.

*Науковий керівник Тітлов О.С., д-р техн. наук, професор.
Одеська національна академія харчових технологій*

УДК 621

РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ С КОМБИНИРОВАННЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРАДИЦИОННЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Прунич О.В., магистр

Одесская национальная академия пищевых технологий

В основу комбинированной системы жизнеобеспечения положим традиционную абсорбционную водоаммиачную холодильную машину (АВХМ).

На рис. 1 изображена схема насосной АВХМ с двумя регенеративными теплообменниками – РТР и РТА– аммиака. К генератору 1, который заполненный жидким ВАР, подводится низкопотенциальное тепло, в результате чего с раствора будет преимущественно выкипать низкокипящий компонент (аммиак) с незначительными частицами водяного пара. Пар попадает в ректификатор 2, в котором охлажденный насыщенный ВАР с РТР 5 и абсорбера 4 стекает навстречу потоку пара, который идет с генератора 1. При этом менее летучие пары воды конденсируются первыми, повышая при этом концентрацию аммиака в потоке. Далее пары ВАР попадают в дефлегматор 3. На его холодных трубках первыми конденсируются пары воды, которые остались после ректификатора 2. Наличие в схеме АВХМ ректификатора 2 и дефлегматора 3 позволяет практически полностью избавиться от водяного пара в потоке пара аммиака, который идет в конденсатор 7. Далее пар аммиака поступает в конденсатор 7, сжигается с отводом тепла фазового перехода, попадает в РТА 8, в котором холодный пар аммиака, что идет из испарителя 9 в абсорбер 4 предварительно подогревается, за счет чего увеличивается тепловой коэффициент цикла АВХМ.

Жидкий аммиак дросселируется в РВ-1 и кипит в испарителе 9, вырабатывая при этом искусственный холод. Пар аммиака поступает с испарителя 9, через РТА в абсорбер 4, где поглощается и растворяется в слабом (с минимальным составом аммиака) ВАР, который поступает с генератора 1 через РТР 5, в котором с помощью теплоты слабого ВАР подогревают крепкий (насыщенный), который поступает в генератор 1. Далее насыщенный ВАР дросселируется в РВ-2 и попадает в генератор 1. Из абсорбера 4 с помощью насоса 6 крепкий ВАР поступает в ректификатор 2 и цикл повторяется снова.

Исходными данными для расчета являются:

а) температура охлаждающей среды t_w ;

б) температура объекта охлаждения t_{ob} ;

в) перепады температур на элементах, которые не явно учитывают условия теплообмена и недорекуперацию тепла:

Δt_h – перепад температур между слабым ВАР и греющим источником тепла генератора;

$\Delta t_{WK}, \Delta t_{WA}, \Delta t_{def}$ – температурный напор в конденсаторе, абсорбере, дефлегматоре с охлаждающей средой;

Δt_{TO} – температурный напор между потоками слабого и крепкого ВАР на холодном конце РТР;

г) холодопроизводительность испарителя Q_0 .

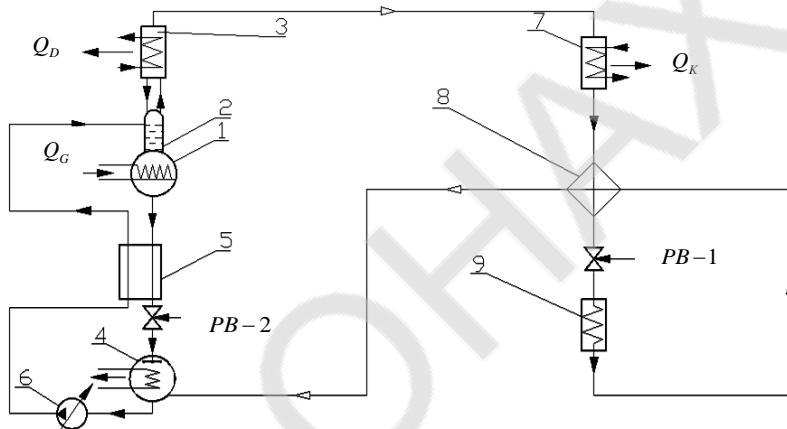


Рис 1. Схема АВХМ с двумя регенеративными теплообменниками: 1 – генератор; 2 – ректификатор; 3 – дефлегматор; 4 – абсорбер; 5 – РТР; 6 – насос; 7 – конденсатор; 8 – РТА; 9 – испаритель

Варьируемым параметром является температура греющего источника тепла t_h .

На первом этапе исследований по приведенному выше алгоритму был выполнен поиск диапазонов температур греющего источника (t_h), который бы удовлетворял условиям работы АВХМ (t_w) и требования к объекту охлаждения (t_{ob}).

Актуальность такого исследования была связана с тем, что некоторые режимы работы АВХМ не могут быть организованы из-за недостаточно высокой температуры греющего источника. Так, например, уровень температур охлаждения в испарителе требует соответствующего уровня давления P_o и в испарителе, и в абсорбере. Равновесная температура крепкого ВАР в абсорбере $t''_{кр.А}$ должна быть выше температуры охлаждающей среды, чтобы обеспечить отвод теплоты абсорбции. Массовая доля аммиака в крепком ВАР $\xi'_{кр.}$ определяется значениями P_o и $t''_{кр.А}$, а для организации процесса абсорбции необходима некоторая зона дегазации – разность массовых долей аммиака в крепком $\xi'_{кр.}$ и слабом $\xi'_{сл.}$ ВАР. В свою очередь массовая доля аммиака в слабом ВАР $\xi'_{сл.}$ определяется значениями давления конденсации-генерации P_k и температурой греющего источника t_h .

Алгоритм поиска рабочих режимов АВХМ состоял в следующем.

На первом этапе задавались температуры объекта охлаждения $t_o =$ минус 30 °С; минус 15 °С; минус 5 °С.

Для каждого значения t_{ob} проводился расчет с фиксированным значением t_w с диапазоном 25...43 °С с шагом в 1 °С.

Для заданных значений t_{ob} и t_w проводился расчет кратности циркуляции с переменной t_h с шагом в 1 °С.

В случае, если $f > 0$ делали вывод, что режим работы АВХМ может быть реализован, а в противном случае, когда $f < 0$ - режим работы не существует.

Результаты расчетов по приведенному алгоритму представлены на рисунке 2.

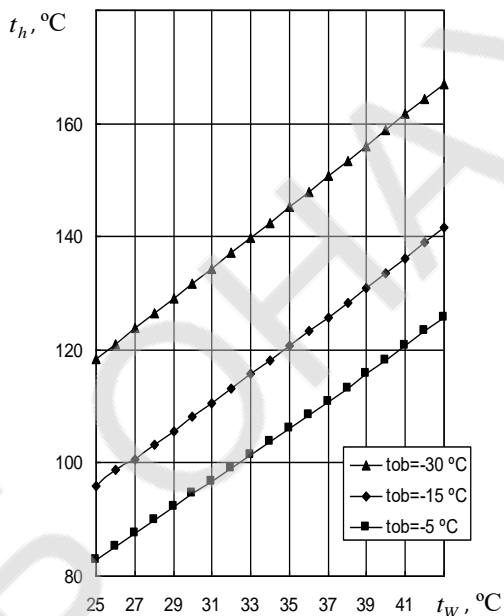


Рис 2. Результаты расчета минимальной температуры греющего источника (t_h) в зависимости от температур объекта охлаждения (t_{ob}) и охлаждающей среды (t_w)

Полученные зависимости являются минимально необходимыми значениями температур греющей среды для условий работы реальных АВХМ.

Анализ этих результатов показывает, что АВХМ в системе с солнечным коллектором на воде в качестве теплоносителя может найти применение только в системах кондиционирования воздуха при температуре охлаждающей среды не выше 36...37 °С.

Для работы в системах охлаждения с температурами до минус 30 °С необходимая температура греющей среды 140...150 °С.

Как показал анализ при низких температурах охлаждающей среды и греющего источника зона дегазации может иметь отрицательные значения, т.е. цикл АВХМ не может быть реализован.

Проведено аналитическое исследование цикла АВХМ с регенеративным теплообменником и построены зависимости температуры греющего источника при различных

температурах объекта охлаждения и охлаждающей среды, обеспечивающие максимальную энергетическую эффективность в данных условиях.

Построена и определена аналитическая зависимость между температурой охлаждающей среды (T_{oc}), температурой объекта охлаждения ($T_{об}$) и температурой греющего источника (T_{gp}) при условии максимального значения теплового коэффициента.

Зависимость имеет следующий вид:

$$T_{gp} = \frac{47,74648658 - 1,01853416T_{окр} + 0,013464939T_{окр}^2 - 1,12675283T_{об} + 0,02319431T_{об}^2 - 0,00017897T_{об}^3}{1 - 0,03803459T_{окр} + 0,000495057T_{окр}^2 - 0,00750582T_{об} + 0,000151575T_{об}^2}$$

Анализ полученных результатов расчета позволяет сделать следующие выводы.

Во-первых, в диапазоне расчетных параметров имеет место максимум энергетической эффективности АВХМ. Наиболее явно наличие максимума для условий работы при температурах охлаждающей среды 20-32 °С и низких температурах объекта охлаждения (минус 25 °С).

При снижении температур объекта охлаждения максимум энергетической эффективности смещается в область высоких температур греющей среды, а его численные значения уменьшаются.

Так, например, при температуре охлаждающей среды 26 °С и температуре объекта охлаждения минус 5 °С максимум теплового коэффициента цикла имеет место при температуре объекта охлаждения 110 °С, при минус 15 °С – при 120 °С, при минус 25 °С – при 140 °С, соответственно значения теплового коэффициента составляют: 0,53; 0,44; 0,34.

*Науковий керівник Тітов О.С.. д-р техн. наук, професор.
Одеська національна академія харчових технологій*

УДК 621

РОЗРОБКА І ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З КОМБІНОВАНИМ ВИКОРИСТАННЯМ ТРАДИЦІЙНИХ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Фелонюк С.А., магістр

Одеська національна академія харчових технологій

Дана схема, яка є вдосконалим продовженням розробок систем життєзабезпечення на базі сонячних колекторів з використанням температурного потенціалу атмосферного повітря (Рис 1.).

.На систему сонячних колекторів надходить сонячне радіаційне теплове випромінювання. Теплоносій, який прокачується через систему сонячних колекторів, при цьому нагрівається.

Розглянемо кілька режимів роботи системи в різних кліматичних умовах.

У холодну пору року, коли необхідно здійснювати опалення, підключається за допомогою вентилів 14 і 15 система опалення 4. Одночасно подача гарячого теплоносія

здійснюється через акумулятор тепла 5. Акумулятор тепла 5 використовується для системи опалення в темний час доби.

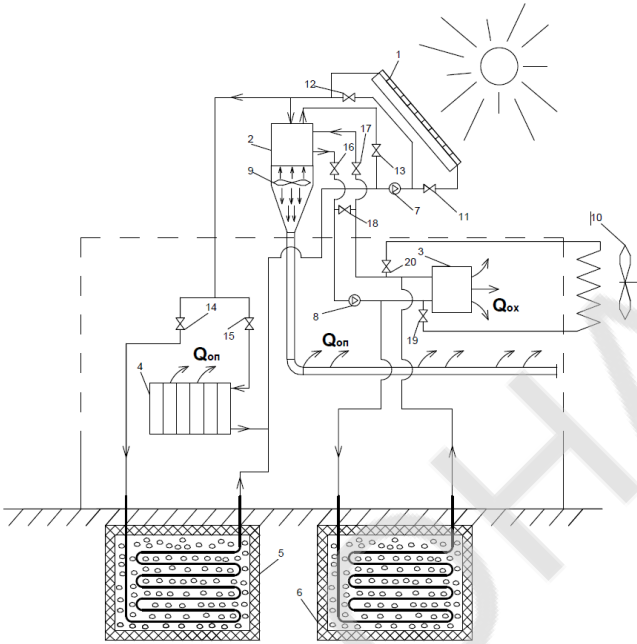


Рис. 1. Система кондиціонування на основі акумуляторів тепла і холоду з використанням сонячної енергії та температурного потенціалу атмосферного повітря: 1 - система сонячних колекторів; 2 - АВХМ; 3 - система охолодження повітря (СКП); 4 - система опалення; 5 (6) - акумулятор тепла (холоду); 7 - циркуляційний насос сонячних колекторів; 8 - циркуляційний насос розсолу; 9 - реверсивна система подача повітря до теплорозсіюючих елементів АВХМ; 10 - вентилятор розсільної системи; 11,12 - запірні вентиля в системах сонячних колекторів; 13 - вентиля відключення АВХМ; 14,15 - вентиля системи опалення; 16,17,18 - вентиля підключення акумуляторів холоду в нічний період; 19,20 - вентиля відключення зовнішнього низькотемпературного джерела тепла.

У режимі роботи системи по охолодженню контур опалення відключається, але циркуляція теплоносія здійснюється через ємність з акумулятором тепла 5. Гарячий теплоносії допомогою циркуляційного насоса 7 піддається на холодильну машину 2. Машина 2 виробляє штучний холод, який використовують для охолодження потоку розсолу. Охолоджений розсіл за допомогою насоса в 8 продається на повітроохолоджувач 3.

Повітроохолоджувач 3 здійснює охолодження повітря в приміщенні. Одночасно потік холодного розсолу захолажує і щебін в акумуляторі холоду 6. За допомогою вентилятора 9 здійснюється обдув теплорасіваючих елементів абсорбційної холодильної машини.

В режимі охолодження потік повітря викидається в атмосферу, а в режимі опалення відправляється в приміщенні. У темний час доби холодильна машина 2

припиняє роботу і подача холодного теплоносія на повітроохолоджувач 3 здійснюється через акумулятор холоду 6.

Одночасно, в разі низької температури зовнішнього повітря може бути підключений вентилятор 10, який може забезпечувати накопичення холоду в акумуляторі 6 або проводити пряме охолодження повітря в приміщенні.

У темний час доби для роботи холодильної машини використовують і накопиченої в акумуляторі тепла температурний потенціал.

У запропонованій схемі використовуються технології нічного радіаційного охолодження (НРО), які відносять до пасивних способів низькотемпературного (нижче температури атмосферного повітря) охолодження.

Останнім часом, у зв'язку з вимогою енергоефективності та скороченням часу використання синтетичних холодильних агентів (фреонів) холодильних систем, спостерігається стабільний інтерес до пасивних способів охолодження. Одним з таких способів є охолодження за рахунок радіаційного випромінювання в космічний простір.

Будь-яка поверхня, звернена до нічного неба, при певних умовах може випромінювати більше теплової енергії, ніж отримувати назад від навколишнього середовища [7]. Даний ефект носить назву нічного радіаційного охолодження (НРО) і за рахунок нього можна підтримувати температуру теплоносія нижче температури навколишнього повітря.

Використання НРО в значній мірі визначається особливостями клімату того чи іншого регіону. У певних кліматичних умовах холодильні системи, що використовують радіаційне випромінювання будуть працювати більш ефективно, ніж в інших. Вплив клімату на роботу систем даного типу досліджувався в роботах [8-10].

Встановлено, що на можливість використання НРО впливають такі атмосферні параметри, як швидкість вітру, вологість повітря, прозорість атмосфери для інфрачервоного випромінювання в діапазоні від 8 до 13 мікрометрів [10].

Дослідження роботи холодильних систем, що використовують НРО, проводилися в багатьох регіонах планети з різними кліматичними умовами. Це і північні райони Таїланду з вологим жарким кліматом [11] і Копенгаген, Мілан, Афіни [12]. Вивчалися режими охолодження офісних приміщень під час теплового періоду року (з 1-травня по 30-вересня). Досліджено можливість охолодження матеріалу з фазовим переходом для акумулявання холоду, створюваного за допомогою НРО.

В Австралії [13] вартість системи охолодження намагалися знизити шляхом поєднання системи НРО з сонячними батареями (фото-вольтажними панелями). У всіх дослідженнях [11-13], в денний час охолодження радіатора (охолоджувального пристрою) нижче температури навколишнього середовища не досягалось, оскільки поглинена сонячна енергія перевищувала випромінюється теплове випромінювання.

Для підвищення інтенсивності радіаційного охолодження пропонуються матеріали з високою випромінювальною здатністю в інфрачервоній частині спектра [14]. Також для поліпшення результату, пропонується радіатор за-крити поліетиленовою плівкою для зниження конвективного теплопритоку і пофарбувати його поверхню фарбою з високою випромінювальною здатністю [7], щоб він міг віддавати більшу кількість тепла за рахунок інфрачервоного випромінювання. Однак радіаційне охолодження в основному було здійснено тільки в нічний час, оскільки відповідні матеріали з високою інфрачервоної випромінювальною здатністю не забезпечували охолодження в денний час [15, 16]. Як барвник, зокрема, пропонується використовувати матеріал з великим вмістом з'єднання TiO_2 , що підвищує радіаційну здатність поверхні [17].

Дослідження щодо застосування радіаційне випромінювання для холодильних систем про-водяться і для різко континентального клімату Казахстану [8, 14, 18]. Автори [18] показали, що в регіонах з різко-континентальним кліматом нічний радіаційне охолодження може бути використано для зниження температури рідини, що надходить періодично. Наприклад дана схема може використовуватися для первинного охолодження молока після його збору.

Теплорозсіючі елементи з площею поверх-ні, що випромінює, 4 м², дозволяють забезпечувати протягом року холодопродуктивність установки від 140 Вт до 650 Вт, в залежності від погодних умов міста Усть-Каменогорськ.

Таким чином технологія НРО дозволяє продовжити період використання природного холоду протягом року і скоротити витрати електроенергії при роботі систем охолодження на базі ПКХМ.

Дослідження [19] показали, що при розробці і проектуванні систем охолодження на базі АВХМ необхідно підтримувати робочий діапазон температур в зоні генерації 120...140 °С [19]. Так як основний парк сонячних колекторів становлять конструкції з водою в якості теплоносія [20], то цього недостатньо для повноцінної реалізації циклу АВХМ навіть в зоні помірного клімату [21].

Відомі технічні пропозиції щодо вирішення проблеми низьких температур в зоні генерації пари аміаку [22, 23], але автори не наводять жодних режимних характеристик для реалізації холодильного циклу.

Таким чином, на підставі вищезначеного можна зробити висновок про перспективність використання технології НРО, як своєрідного альтернативного джерела холоду. Однак системи охолодження з НРО обмежені нічним часом доби і це звужує сферу їх застосування.

АВХМ, що входить в систему опалення та охолодження, працює наступним чином (Рис.2).

До геологенератору 1 підводиться енергія сонячного випромінювання і з міцного ВАР випаровується переважно легкозакипаючої компонент-аміак. Бульбашки пара проштовхують в верхню частину геологенератора з'єднаний за аміаком слабкий ВАР. В процесі випарювання розчин з'єднується за аміаком і стікає в ресивер слабого ВАР 3, а парова водоаміачних суміш надходить в дефлегматор 2. У дефлегматорі 2 конденсується переважно пар води з утворенням флегми і відведенням тепла фазового переходу в навколишнє середовище. Флегма стікає в ресивер 3.

З дефлегматора 2 пар аміаку за допомогою бустер-компресора 5 направляється в конденсатор 6, де стискається до тиску P_k і конденсується з відведенням тепла в навколишнє середовище. З конденсатора 6 рідкий аміак надходить через дросель 7 надходить у випарник 8. Після дроселя 7 тиск у випарнику 8 і абсорбері 9 знижується до P_o . У випарнику 8 аміак кипить при тиску P_o і температурі t_o з відведенням теплоти від об'єкта охолодження[17].

Тиск P_o в випарнику 8 підтримується за рахунок безперервного процесу поглинання пара аміаку слабким ВАР в абсорбері 9. У свою чергу слабкий ВАР надходить в абсорбер 9 з ресивера 3 через теплообмінник 12 і дросельний вентиль 11.

Утворився після поглинання аміаку міцний ВАР циркуляційним насосом 10 подається назад в ресивер міцного розчину 4 і цикл повторюється.

Бустер-компресор в схемі АВХМ призначений для підвищення тиску конденсації P_k в разі низької інтенсивності сонячного випромінювання (в ранкові та вечірні години або при похмурій погоді). В цьому випадку вентиль 13 закритий, а відкритий вентиль 14-відкритий. При достатній для тиску стиснення пари аміаку сонячної інсталяції ситуація з вентилями зворотна.

Включення в схему бустер-компресора дозволяє істотно розширити робочі характеристики в частині рівня температур гріє джерела. Так, наприклад, він необхідний в схемах з сонячними колекторами з водою в якості теплоносія, де температура не перевищує 100 °С.

Паропоглинаюча холодильна система є найкращою альтернативою паровій компресійній.

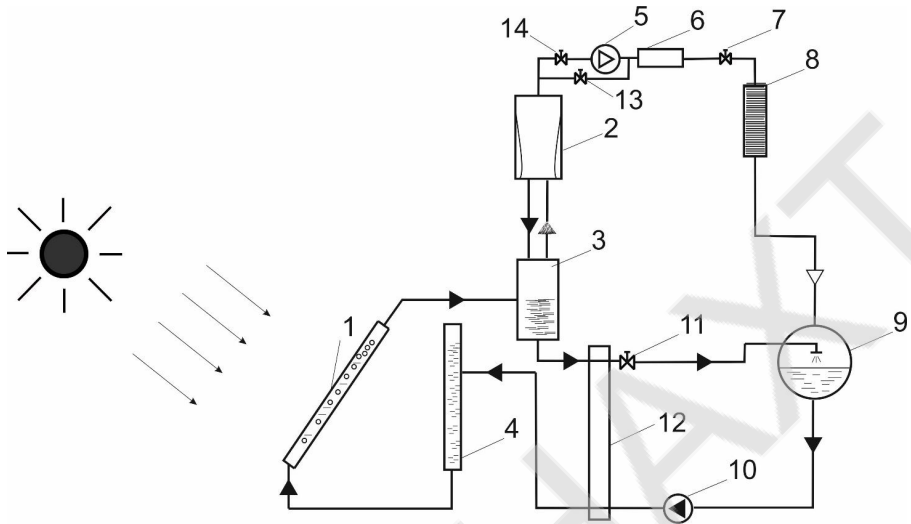


Рис.2. Принципова схема системи охолодження на базі АВХМ малої холодопродуктивності: 1 - геліогенератор; 2 - дефлегматор; 3 - ресивер слабого ВАР; 4 - ресивер міцного ВАР; 5 - бустер-компресор; 6 - конденсатор пари аміаку; 7 - дросель рідкого аміаку; 8 - випарник; 9 - абсорбер; 10 - циркуляційний насос слабого ВАР; 11 - дросель слабого ВАР; 12 - регенеративний теплообмінник міцного і слабого ВАР; 13, 14 - запірні вентиля парової магістралі аміаку.

Список використаних джерел

1. The Drake Landing Solar Community (DLSC) is located in Okotoks. <http://www.dlsc.ca/about.htm>.
2. Hagelskjar J. Zeih J.A., Mortensen J. Underground heat storage in Horsholm; Denmark. In // Proc. Int. Conf. «Subsurface heat storage in theory and practice». Stockholm. 1983.
3. Kimball B.A. Cooling performance and efficiency of night sky radiators. Solar Energy Vol. 34, No. 1, Elsevier Science Ltd. Printed in the U.S.A. 1985. P. 19-33.
4. Цой А.П., Грановский А.С., Цой Д.А., Бараненко А.В. Влияние климата на работу холодильной системы, использующей эффективное излучение в космическое пространство //Холодильная техника. 2015. №1. С. 43–47.
5. Yong C. et al., Performance analysis on a building-integrated solar heating and cooling panel//Renewable Energy. 2015. № 74. P. 627-632.
6. Zhiguang Zhou, Kingshu Sun, Peter Bermel, Radiative cooling for thermophotovoltaic systems. Infrared Remote Sensing and Instrumentation XXIV, San Diego, California, August 28, 2016.
7. Prommajak T., Phonruksa J., Pramuang S. Passive cooling of air at night by the nocturnal radiation in Loei, Thailand / T. Prommajak, //Int. J. Re-new. Energy. 2008. V. 3. № 1. P. 33–40.
8. Eleftherios Bourdakis, Ongun B. Kazanci, Bjarne W. Olesen, F. Grossule, Simulation Study of Discharging PCM Ceiling Panels through Night - time Radiative Cooling. ASHRAE Annual Conference, St. Louis, 2016.
9. Imroz Soheli M., Zhenjun Ma, Paul Cooper, Jamie Adams, Lloyd Niccol and Stefan

Gschwander, A Feasibility Study of Night Radiative Cooling of BIPVT in Climatic Conditions of Major Australian Cities. Asia – Pacific solar research conference, November 2014.

10. Цой А. П., Бараненко А.В., Эглит А.Я. Использование эффективного излучения в холодильной системе открытого катка//Вестник Международной Академии Холода. – 2012. № 4. С. 8–11.
11. Boshholm F., López-Navarro, Gamarra A.M., Corberán J.M., Payá J. Reproducibility of solidification and melting processes in a latent heat thermal storage tank//International journal of refrigeration. 2016. № 62. P. 85–96.
12. Sutyaginsky M.A., Maksimenko V.A., Potapov Ya.A., Suvorov A.P., Dubok V.N. The use of low-temperature potential of the environment in energy-efficient refrigeration supply technologies of the enterprises of GC «Titan»//Elsevier. International Conference on Oil and Gas Engineering, OGE-2016. Procedia Engineering. 2016. № 152. P. 361–365.
13. Berdahl P., Matin M. and Sakkal F. The Thermal Performance of Radiative Cooling Panels//Int. J. Heat Mass Transfer. 1983. № 26. P. 871–880.
14. Цой А.П., Грановский А.С., Цой Д.А., Бараненко А.В. Влияние климата на работу холодильной системы, использующей эффективное излучение в космическое пространство // Холодильная техника. 2014. № 12. С. 36–41.
15. Ищенко И.Н. Перспективы применения абсорбционных водоаммиачных холодильных машин в системах получения воды из атмосферного воздуха / И.Н. Ищенко, А.С. Титлов, А.Н. Краснопольский // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Вип. 7. – 2011. – С.92-97.
16. Doroshenko A. Comparative field experimental investigations of different flat plate solar collectors//Solar Energy. 2016. 115. P. 577–588.
17. Осадчук Е.А., Титлов А.С., С.Ю. Мазуренко С.Ю. Определение энергетически эффективных режимов работы абсорбционной водоаммиачной холодильной машины в системах получения воды из атмосферного воздуха//Холодильна техніка та технологія. 2014. № 4. С. 54–57.
18. Спосіб одержання води з атмосферного повітря: пат. 104854 Україна. № u 2015 07386; заявл. 23.07.2015; опубл. 25.02.2016, Бюл. № 4.
19. Спосіб одержання води з атмосферного повітря: патент 100195 Україна. № u201501512; заявл. 20.02.2015; опубл. 10.07.2015, Бюл. № 9.
20. Титлов А.С. Научно-технические основы энергосбережения при проектировании холодильных аппаратов с абсорбционно-диффузионными холодильными машинами//Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. 2006. № 29. Т. 1. С. 194–200.
21. Осадчук Е.А., Титлов А.С. Аналитические зависимости для расчета термодинамических параметров и теплофизических свойств водоаммиачного раствора. Наукові праці ОНАХТ. 2011. № 39. Т.1. С.178–182.
22. Осадчук Е.А. Титлов А.С., Кузаконь В.М., Шлапак Г.В. Разработка схем насосных и безнасосных абсорбционных водоаммиачных холодильных машин для работы в системах получения воды из атмосферного воздуха//Технологический аудит и резервы производства. 2015. № 3/3(23). С. 30–37. DOI: 10.15587/2312-8372.2015.44139.
23. Ищенко И. Н. Моделирование циклов насосных и безнасосных абсорбционных холодильных агрегатов//Наукові праці ОНАХТ. 2010. № 38. – Т.2. С. 393–405.

*Науковий керівник Титлов О.С., д-р техн. наук, професор.
Одеська національна академія харчових технологій*

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ХОЛОДИЛЬНИКА ПЕЛЬТЬЄ

Єсипенко А.М., студент; Цісельський М.С., студент
Херсонський національний технічний університет

Пристрої термоелектричного охолодження на основі елементів Пельтьє знаходять доволі широке застосування у випадках, коли мова йде про охолодження порівняно малих об'ємів, наприклад, в портативних холодильниках, радіоелектроніці, комп'ютерній, медичній техніці, тощо [1]. Продуктивність таких пристроїв значною мірою визначається характеристиками термоелектричних модулів, що застосовуються, заданою температурою в холодильній камері та низкою зовнішніх параметрів.

Визначення характеристик модулів може бути здійснено на основі моделювання їх роботи в заданих умовах. Одним з підходів до моделювання складних технічних систем, що набуває популярності останнім часом, є візуально-орієнтоване імітаційне моделювання в середовищі Matlab/Simulink.

В даній роботі запропонована імітаційна модель термоелектричного охолоджувача, побудована на основі блоків Simscape Electrical та Thermal (рис 1).

Робота термоелектричного перетворювача у режимі холодильника забезпечується підключення джерела постійного струму до його виводів. З використанням датчиків холодопродуктивності та споживаної електричної потужності організовано розрахунок коефіцієнта ефективності (COP) термоелектричного модуля.

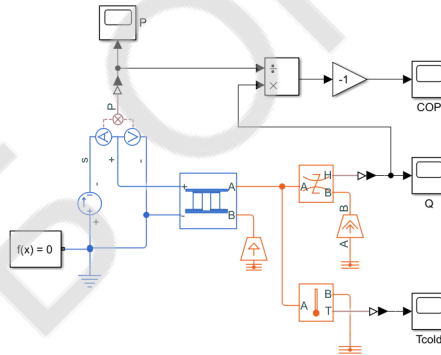


Рис. 1 – Модель термоелектричного охолоджувача

Характеристики модуля вимірювались при стабільній температурі гарячої сторони 50 °С. Джерело температури, підключене до гарячої сторони модуля (порт В), імітує ідеальний теплообмінник, що відводить будь-яку кількість тепла, що надходить. До холодної сторони модуля (порт А) підключено джерело теплового потоку, за допомогою якого задається теплове навантаження. Параметри термоелектричного перетворювача задаються через його коефіцієнт термо-е.р.с., внутрішній опір та теплопровідність, значення яких визначаються зі специфікації модуля [2].

Для модуля LCB-127-1,4-1,15 побудовано навантажувальні прямі при значеннях струму живлення $I_{\max} = 8\text{A}$; $0,75I_{\max} = 6\text{A}$ та $0,5I_{\max} = 4\text{A}$ (рис 2, а). Максимальну холодопродуктивність можна отримати при нульовій різниці температур та максимальному струмі 8А. При зниженні струму живлення у 2 рази холодопродуктивність падає на 38%.

Для імітації охолодження реальних об'єктів певної маси та теплоємності до холодного спаю замість джерела теплового потоку підключається блок термальної маси. За зміною COP та різниці температур у часі визначається залежність коефіцієнта ефективності модуля від різниці температур між спаями (рис 2, б).

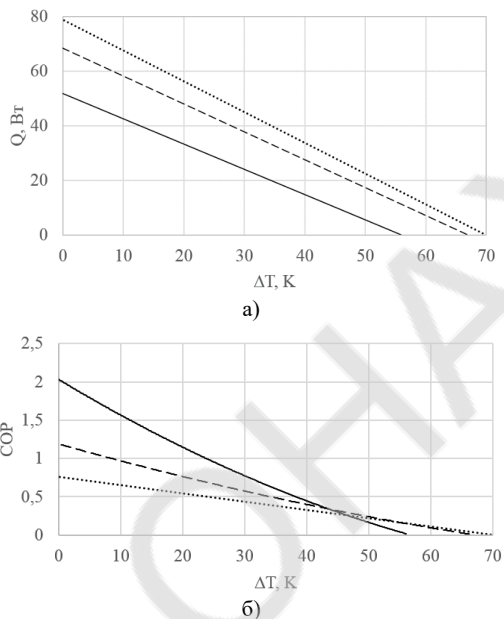


Рис. 2 – Характеристики модуля LCB-127-1,4-1,15 (суцільна лінія відповідає струму живлення 4А, пунктирна – 6А, точкова – 8А)

Отримані залежності відповідають теоретичним уявленням про процеси, що відбуваються в термоелектричних елементах. Так, зі збільшенням різниці температур ефективність модуля зменшується, що пояснюється зростанням потоку тепла від гарячої сторони до холодної шляхом теплопровідності по гілках.

Аналіз залежностей, представлених на рис 2, дозволяє зробити висновок, що найвищі ефективності термоелектричного охолодження досягаються при невеликих різницях температур між спаями та живленні модуля малими струмами.

Інформаційні джерела

1. <https://kryothermtec.com/assets/dir2attz/b.pdf>
2. Термоелектрическое охлаждение: Текст лекций / Под ред. Л.П. Булата. – СПб.: СПбГУНиПТ, 2002. – 147 с.

*Науковий керівник Андропова О.В. к.т.н., доц.
Херсонський національний технічний університет*

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЕЛЕКТРОТЕПЛОЇ АВТОНОМНОЇ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

Степанчиков Д.М., к.ф.-м.н, доц.; Прядка Є.С., студент
Херсонський національний технічний університет

Малопотужні вітроенергетичні установки (ВЕУ) в останні часи набувають все більшого поширення. Такі ВЕУ зазвичай, працюють в автономному режимі, їх застосовують окремі споживачі для електрозабезпечення у випадках відсутності централізованих електромереж, або для додаткового електроживлення з метою зниження електроспоживання від мережі, підвищення енергоефективності та забезпечення безперебійності електропостачання.

Особливості розташування та специфічні характеристики вітру зумовлюють суттєву відмінність конструкцій малопотужних ВЕУ від традиційних великої потужності, зокрема застосування ВЕУ з вертикальною віссю обертання. Ці ВЕУ ефективно працюють з поривчастими вітрами, постійно сприймають вітер різних напрямків і стартують при малій швидкості вітру завдяки прямому, безредукторному, приводу тихохідного багатополосного синхронного генератора на постійних магнітах (СПГМ).

При зниженій ємності встановлених акумуляторних батарей (АБ) зростає частина генерованої електроенергії, яку не можливо безпосередньо спожити чи нагромадити. Таку електроенергію або втрачають, зменшуючи генеровану ВЕУ потужність, або корисно використовують, навантажуючи додатково генератор термоелектричними нагрівачами (ТЕНами), які вміщують у бойлер задля підігрівання води для опалення та гарячого водопостачання. ВЕУ, яка продукує електричну та теплову енергію, можна назвати електротепловою.

Питанням спільного розгляду генерування електричної та теплової енергії у малопотужних електротеплових ВЕУ та розробленню нових підходів до побудови енергоефективних і водночас простих систем керування цими процесами досі практично не приділяли належної уваги. Зважаючи на необхідність економічної привабливості ВЕУ, що призведе до розширення сфер їхнього застосування, такі задачі особливо актуальні.

В роботі розглядається ВЕУ з вертикальною віссю обертання та прямопривідним СПГМ. Параметри ВЕУ представлені у таблиці 1. Баланс моментів на валу вітроколеса дається диференціальним рівнянням [1,2].

$$\frac{d}{dt} \omega = \frac{1}{J} (M_{BK} - M_{EM} - b\omega - M_c) \quad (1)$$

де ω – кутова швидкість обертання вітроколеса (ВК), J – сумарний момент інерції ВЕУ, M_{EM} – електромагнітний момент, b – коефіцієнт в'язкого тертя механічної частини ВЕУ, M_c – момент статичного навантаження на валу СПГМ.

Крутний момент вітроколеса M_{BK} під дією вітру зі швидкістю v_{wind} визначає механічну потужність P_{BK} [1,2]:

$$M_{BK} = \frac{P_{BK}}{\omega} = \frac{1}{2} \rho A r \frac{C_p(\lambda)}{\lambda} v_{wind}^2 \quad (2)$$

де ρ – густина повітря, A – площа омивання ВК, r – радіус ВК.

Для електромагнітного моменту M_{EM} на валу СПГМ маємо [1]:

$$M_{EM} = \frac{3}{2} \frac{(p\psi_m)^2 \omega}{\sqrt{(R + R_i)^2 + (p\omega L)^2}} \cos\left(\arctg \frac{p\omega L}{R + R_i}\right) \quad (3)$$

де R_i – активний опір ТЕНів, p – кількість пар полюсів; ψ_m – амплітуда потокозчеплення; R – опір обмотки якоря; L – індуктивність обмотки якоря.

Коефіцієнт потужності $C_p(\lambda)$ для трилопатевого Н-ротора і швидкохідність λ відповідно визначаються рівняннями [1,2]:

$$C_p(\lambda) = 1.14 \left(\frac{9.47}{\lambda} - 1 \right) e^{-\frac{6}{\lambda}}; \quad \lambda = \frac{\omega r}{v_{wind}} \quad (4)$$

Таблиця 1

Параметри ВК і СГПМ для досліджуваної електротеплової ВЕУ з вертикальною віссю

$P_{ном},$ кВт	$\omega_{ном},$ рад/с	$R_r,$ Ом	$r,$ м	$M_c,$ Н·м	$J,$ кг·м ²	$\Psi_m,$ Вб	$L,$ Гн	$R,$ Ом	p	b
5,0	9,95	1,8	3,69	25	310	0,22	0,002	0,15	32	1,5

Для трилопатевого Н-ротора Дар'є залежність $C_p(\lambda)$ показана на рис. 1(а). Максимальне значення коефіцієнта потужності 0,35 при оптимальному значенні швидкохідності 3,67. Ця точка називається точкою максимуму відбору потужності (ТМВП).

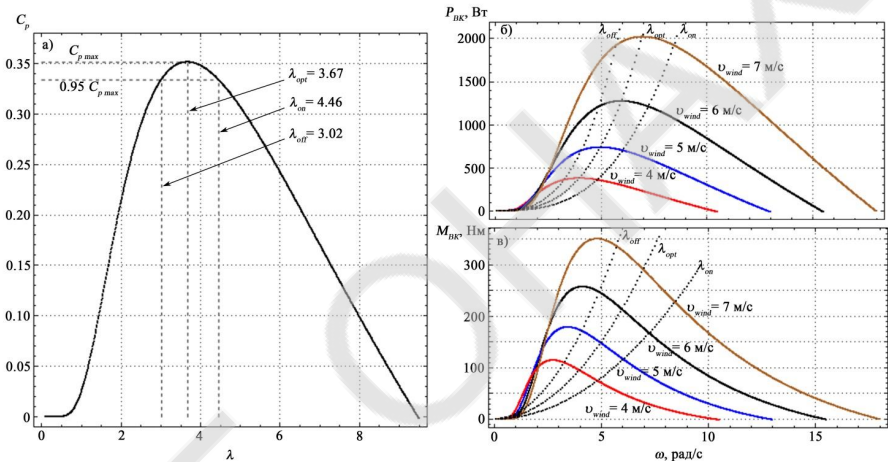


Рис.1 - Залежність коефіцієнту потужності C_p від швидкохідності λ (а), залежності механічної потужності P_{BK} (б) і крутного моменту M_{BK} (в) від кутової швидкості обертання ВК для різних швидкостей вітру

Функції потужності $P_{BK}(\omega)$ і механічного моменту $M_{BK}(\omega)$ за різних швидкостей вітру теж мають екстремуми при конкретних, але різних кутових швидкостях ВК (рис.1(б,в)). З метою відбору максимальної потужності від вітру, електричне навантаження генератора ВЕУ повинно бути таким, при якому досягається оптимальна кутова швидкість ВК і забезпечується робота в точці максимального відбору потужності.

Щоб забезпечити хоча б якийсь заряд АБ при низьких швидкостях вітру, ВК повинно набрати достатню кутову швидкість, і при цьому робоча точка ВК зміщується в сторону $\lambda > \lambda_{opt}$. При високих швидкостях вітру – навпаки, $\lambda < \lambda_{opt}$. В обох випадках енергетична ефективність ВЕУ суттєво знижується, що особливо погано у випадку низькошвидкісних вітрів, коли потужність вітру є малою.

В роботі запропоновано простий спосіб регулювання навантаження СГПМ періодичним підключенням і відключенням до обмоток якоря генератора ТЕНів, які встановлені в тепловому акумуляторі. Система керування використовує інформацію лише про частоту обертання генератора і струм заряду АБ та автоматично переходить з режиму

періодичного підключення електронним багатофазним ключем до обмоток статора генератора ТЕНів до режиму нагромадження електроенергії в АБ і навпаки [1,2].

Умови для підключення та відключення до обмотки якоря СГПМ з'єднаних у зірку ТЕНів з активними опором R_r можна відповідно сформулювати наступним чином [1,2]:

$$\omega > \omega_{on} = \frac{\lambda_{on} v_{wind}}{r}; \quad \omega < \omega_{off} = \frac{\lambda_{off} v_{wind}}{r} \quad (5)$$

Основним завданням цього способу є забезпечення такого сумарного електричного та механічного періодичного навантаження генератора, при якому кутова швидкість ВК коливатиметься в околі ТМВП $[\lambda_{off}, \lambda_{on}]$ за неповного навантаження ВЕУ, забезпечуючи квазіоптимальне керування її роботою (рис.1).

Наведені на рис.2,3 результати розраховано для значення опору ТЕНів $R_r = 1,8$ Ом, за якого максимальне значення швидкості вітру, коли ще можливе періодичне навантаження, наближається до 4,9 м/с.

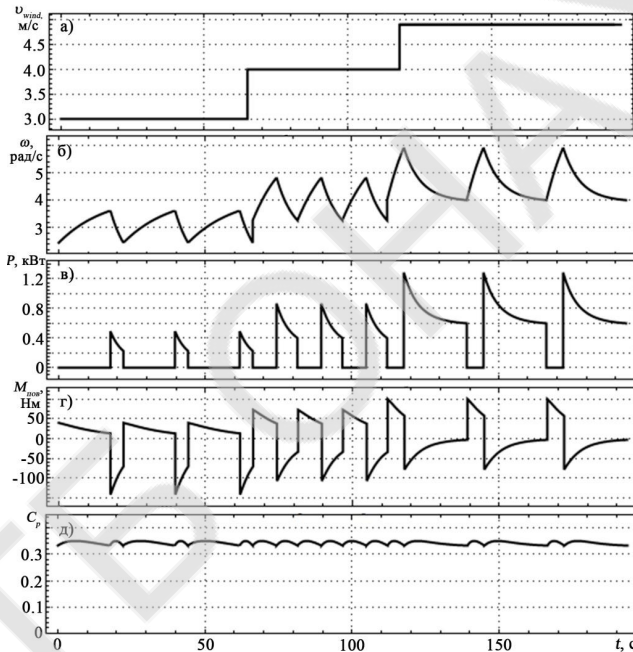


Рис. 2 – Часові залежності основних характеристик досліджуваної ВЕУ при періодичному навантаженні СГПМ на ТЕНі: а) швидкість вітру, б) кутова швидкість обертання вала, в) теплова потужність, г) повний крутний момент, д) коефіцієнт потужності

Аналіз результатів показує, що збільшення швидкості вітру веде до збільшення часу гальмування і зменшенню часу розгону. На мінімальній швидкості вітру 3 м/с час розгону перевищує час гальмування у 3,9 разів. На максимальній швидкості вітру 4,9 м/с навпаки час гальмування перевищує час розгону у 3,7 рази. Наслідком цього є збільшення кількості теплоти, яка виділяється у ТЕНах, а отже – збільшення температури нагріву певної маси води. Частота підключення ТЕНів при збільшенні швидкості вітру спочатку збільшується, досягаючи максимуму при швидкості вітру 4 м/с і потім починає зменшуватися. Електричний

ККД СГПМ, який характеризує енергетичну ефективність передачі генерованої електричної енергії до ТЕНів для $R_t = 1,8$ Ом дорівнює 0,92.

Збільшення величини опору ТЕНів R_t , призводить до того, що періодичне навантаження СГПМ застосовується лише до певного значення швидкості вітру. Зі

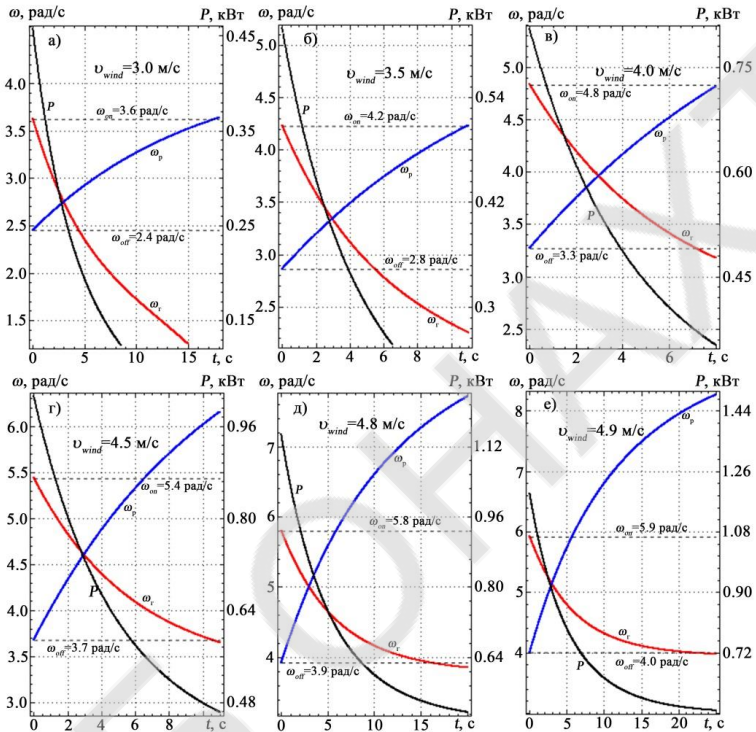


Рис.3 – Результати обчислень зміни в часі кутової швидкості ВК при підключенні ω_t та відключенні ω_p до генератора ТЕНів, а також теплової потужності P

збільшенням цієї швидкості періодичне навантаження переходить у неперервне, оскільки швидкохідність ВК не падає нижче від λ_{off} . У режимі неперервного навантаження СГПМ можна реалізувати три сценарії: генерування лише теплової енергії, генерування лише електричної енергії або генерування обох видів енергії.

Спільне генерування електричної та теплової енергії у малопотужних вітроенергетичних установках і розроблення нових підходів до побудови енергоефективних і водночас простих систем керування цими процесами обґрунтовано необхідністю забезпечення економічної привабливості ВЕУ і розширенням сфер їхнього застосування. Запропонований спосіб і розроблена система періодичного навантаження СГПМ на ТЕНі дають змогу реалізувати просту та дешеву систему квазіоптимального керування електротепловою автономною ВЕУ.

Інформаційні джерела

1. Щур І.З. Автономна вітроенергоустановка з акумулюванням електричної і теплової енергій / І.З. Щур, В.І. Щур // Енергетика і автоматика. – 2012. – №2. – С. 8-16.
2. Кравчик В.В. Можливість генерування електричної та теплової енергії у малопотужних вітроенергетичних установках / В.В. Кравчик, Є.С. Прядка, Д.М. Степанчиков // “Актуальні проблеми сучасної енергетики”: зб. тез доп. IV всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів і молодих вчених (м. Херсон, 22-24 травня, 2019р.). – Херсон, ХНТУ, 2019. – С. 111-114.

ЗМІСТ

ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ МОЛОДИХ УЧЕНИХ ТА СТУДЕНТІВ «ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОСТІ» ОДЕСЬКОЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ, 29-30 ВЕРЕСНЯ 2020 р.....	1
ДОСЛІДЖЕННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОЗШИРЕННЯ СТРУМЕНЮ РОЗПИЛУ ЗРІДЖЕНОГО ГАЗУ <i>Пакош Д.З.</i>	3
УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ БЕРЕГОВОЇ БЕЗГРЕБЕЛЬНОЇ ЕС НА РІЧЦІ БОРЖАВА <i>Гладишева Т.В.</i>	5
ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПРИ БУДІВНИЦТВІ БЕРЕГОВОЇ БЕЗГРЕБЕЛЬНОЇ ЕС <i>Глеба Ю.В.</i>	6
СПОСОБИ УТИЛІЗАЦІЇ СУДНОВИХ ВІДХОДІВ НА СУДАХ І НА ТЕРИТОРІЇ МОРСЬКОГО ПОРТУ «ПІВДЕННИЙ» <i>І. О. Баранова</i>	7
МОЖЛИВИ ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ БАГАТОЗОНАЛЬНИХ VRF СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ <i>Басов А.М., Соловійова П.В.</i>	8
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ГРУНТІВ, КОНТАМІНОВАНИХ ВААЖКИМИ МЕТАЛАМИ, ЗА ВИКОРИСТАННЯМ ГРУНТОВИХ ДОБАВОК <i>Зайцева Е.Ю.</i>	10
УТИЛІЗАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ ОБРОБКИ ПАЛИВНОГО ГАЗУ НА КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЯХ <i>Журавльова М. В.</i>	11
ЕКОЛОГО-ГЕНЕТИЧНИЙ МОНІТОРИНГ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА <i>Лось О.О.</i>	15
МОЖЛИВИ ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ ЕНЕРГЕТИКИ <i>Чептєлов І.О., Климчук І.О.</i>	16
ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ <i>Статєва Євгенія</i>	17
УДОСКОНАЛЕННЯ БІОТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ОБОРОТНИХ ВОД РИБНИЦЬКИХ ГОСПОДАРСТВ <i>Пашняк А. В.</i>	19

ТЕХНОЛОГИЯ ДООЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД МЕТОДОМ ОЗОНИРОВАНИЯ	
<i>Грухачева Д.Е.</i>	21
НЕСТАНДАРТНИЙ СПОСІБ ПІДГРІВУ НАФТИ ЗА РАХУНОК ТЕПЛОВИХ ВИКИДІВ З КОМПРЕСОРНИЙ СТАНЦІЇ	
<i>Черниш Г. С.</i>	22
СПОСОБИ УТИЛІЗАЦІЇ СУДНОВИХ ВІДХОДІВ НА СУДАХ І НА ТЕРИТОРІЇ МОРСЬКОГО ПОРТУ «ПІВДЕННИЙ»	
<i>Баранова О.І.</i>	26
РОЗРОБКА І ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З КОМБІНОВАНИМ ВИКОРИСТАННЯМ ТРАДИЦІЙНИХ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	
<i>Балаєвич О.О.</i>	27
ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З КОМБІНОВАНИМ ВИКОРИСТАННЯМ ТРАДИЦІЙНИХ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	
<i>Білецький А.М.</i>	31
РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ С КОМБИНИРОВАННЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРАДИЦИОННЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	
<i>Прунич О.В.</i>	33
РОЗРОБКА І ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ З КОМБІНОВАНИМ ВИКОРИСТАННЯМ ТРАДИЦІЙНИХ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	
<i>Фелонюк С.А.</i>	36
ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ХОЛОДИЛЬНИКА ПЕЛЬТЬЄ	
<i>Єсипенко А.М., Цісельський М.С.</i>	42
МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЕЛЕКТРОТЕПЛОВОЇ АВТОНОМНОЇ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ	
<i>Степанчиков Д.М., Прядка Є.С.</i>	44

ИТБ ОНАХТ

Наукове видання

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

за матеріалами
Всеукраїнської науково-технічної
онлайн-конференції
молодих учених та студентів
«Еколого-енергетичні проблеми сучасності»

29-30 вересня 2020 року

Підписано до друку 6.10.2020
Формат 60×84/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Друк офсетний. Ум. др. арк. 3,02. Наклад 100 прим.
Зам № 231120/1

Надруковано з готового оригінал-макету у друкарні «Апрель»
ФОП Бондаренко М.О.
65045, м. Одеса, вул. В.Арнаутська, 60
тел.: +38 048 700 11 55
www.aprel.od.ua

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців ДК № 4684 від 13.02.2014 р.