

ISSN 0453-8307

# ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНІ ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОСТІ

*XVIII ВСЕУКРАЇНСЬКА  
НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
МОЛОДИХ УЧЕНИХ ТА СТУДЕНТІВ  
(13 квітня 2018 р)*

Збірник наукових праць



ОДЕСА 2018

УДК 547; 37.022

Еколого-енергетичні проблеми сучасності / Збірник наукових праць Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Одеса, 13 квітня 2018 р. – Одеса: Видавництво ОНАХТ, 2018. – 90 с.

Збірник містить наукові праці учасників конференції за напрямками: екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування; теплоенергетика, теплофізика, наноматеріали та нанотехнології.

Матеріали подано українською, російською та англійською мовами.

ISSN 0453-8307

© Одеська національна академія харчових технологій

## ОСОБЛИВОСТІ ПОВОДЖЕННЯ З ТВЕРДИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ В КИТАЇ

**Чанхао Ю., студент, Лемешев М. С., к.т.н., доцент  
Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця**

За даними Всесвітнього банку, ринок послуг з переробки відходів набуває глобальних масштабів. Активно розвивається зовнішня торгівля. Найбільшим імпортером відходів для вторинної переробки є Китай. В 2012 р. річний рівень виробництва відходів в Азіатсько-Тихоокеанському регіоні становить близько 270 млн. т у рік. З них тільки на Китай припадає 70 % регіонального обсягу відходів або 520548 т/день, а до 2025 р. приріст обсягу виробництва ТПВ на душу населення в Китаї прогнозується на рівні 66 % [1].

В табл. 2 зведені дані, що відображають усереднений склад твердих побутових відходів (ТПВ) (особливо придатних для вторинної переробки), що утворюються в Китаї [2].

Таблиця 2 – Склад твердих побутових відходів у Китаї, % [2]

Населення, що користується	Відходи органічного походження	Папір (картон)	Пластмаси	Стекло	Метали	Інше
вугіллям	65	9	13	2	1	10
газом	41	5	4	2	1	47

На відміну від застосування традиційних сміттевозів на базі вантажних автомобілів із двигунами внутрішнього згорання [3-7], китайський виробник BYD представив на автошоу в Каліфорнії електроприводний сміттевоз, який на одній зарядці може долати 120 км. За словами автовиробників, кожен такий сміттевоз дозволить економити близько 13 тис. \$ за рахунок зменшення витрат на обслуговування і застосування альтернативних джерел енергії.

У Китаї раніше будували сміттеспалювальні заводи, описані в роботі [8], та коли вони зрозуміли, що в них бракує ресурсів, почали сортувати відходи.

Усе відсортоване сміття надходить на спеціальні заводи з переробки вторинної сировини, поширеність якої змодельована в роботі. Туди ж доставляють і сміття із чужих країн: протягом багатьох десятиліть у Китай везуть відходи із усього світу. У країні існують десятки тисяч компаній з переробки вторинної сировини, справа ця досить прибуткова.

Близько 60% обсягу волокна, використовуваного для виробництва паперу й продукції з картону, у Китаї виробляється із вторинної сировини. Крім макулатури, у Китай везуть метал, пластик і інші відходи. Тут їх переробляють і виготовляють із цієї сировини нові іграшки, одяг, посуд, алюміній для автопромисловості й багато чого іншого.

У країні, що є одним із самих великих виробників відходів на планеті, донедавна не було системи роздільного збору ТПВ. Тепер відповідно до закону «Про сприяння рециркуляційній економіці», що вступив в силу з 1 січня 2009 року, відходи – це не просто сміття, а «неефективно використовуваний ресурс». А щоб жителі наочно бачили, якого ефекту можна досягти, якщо сортувати його, у багатьох дворах Пекіна були поставлені спеціальні агрегати для харчових відходів. Викинуті туди жителями будинку залишки їжі протягом 24-х годин переробляються в екологічно чистий компост. Технологія компостування ТПВ детально описана в роботах [9, 10]. Потім двірник удобрює ними зелені насадження у дворі.

Переважаюча частина населення Китаю використовує неопрацьовані та необроблені продукти. Але зростання добробуту й активне поширення супермаркетів будуть сприяти скороченню кількості біовідходів у сміттевому кошику. Уряд починає закликати населення сортувати ТПВ для того, щоб потім переробляти їх в електроенергію, добрива та ін. На громадян

вводиться «сміттєвий» податок, розмір якого залежить від кількості відходів, що викидаються.

Однак із прийняттям закону «Про сприяння рециркуляційній економіці» почалася боротьба зі сміттєвими полігонами. 73 смітники, розташовані в межах Пекіна, планують ліквідувати, а сміття пустити на виробництво електрики. Подібний досвід у країні вже є: з 2008 року в Пекіні працює сміттєва ТЕС. У день вона спалює біля півтори тисяч тонн відходів і одержує гроші за вироблену енергію.

В місті Пекін експлуатується станція брикетування легкового алюмінієвих банок. Станція оснащена подаючим конвеєром і спеціальним пресом Н-80/70 продуктивністю 5 т/год [11].

Таким чином, незважаючи на активну переробку сміття, 65% китайських відходів виявляється на смітниках. Багато з них нелегальні й організовані не за нормами: сміття відокремлюють від землі тільки тонкі пластикові підкладки, місцями порвані. У результаті важкі метали й аміак проникають у ґрунтові води та у ґрунт.

#### Інформаційні джерела

1. Напалкова А. А. Состояние и тенденции развития рынка услуг по утилизации и переработке твердых бытовых отходов в странах АТР / А. А. Напалкова, А. Е. Насадюк // Известия ДВФУ. Экономика и управление. – 2015. – № 2. – С. 73-89.

2. Висванатхан С. Реализация концепции 3R в странах Восточной и Юго-Восточной Азии / С. Висванатхан, Т. Норбу // Твердые бытовые отходы. – 2008. – № 11. – С. 54-60.

3. Березюк О. В. Регрессия параметров управления приводом рабочих органов навесного подметального оборудования мусоровозов / О. В. Березюк // Инновационное развитие территорий : Материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф., 26 февраля 2016 г. – Череповец : ЧГУ, 2016. – С. 58-62.

4. Березюк О. В. Оптимізація завантаження твердих побутових відходів у сміттєвозі / О. В. Березюк // Системи прийняття рішень в економіці, техніці та організаційних сферах : від теорії до практики : колективна монографія у 2 т. – Павлоград : АРТ Синтез-Т, 2014. – Т. 2. – С. 75-83.

5. Березюк О. В. Надійність окремих вузлів і агрегатів сміттєвозів / О. В. Березюк // Тези доповідей II-ої міжнародної інтернет-конференції «Проблеми довговічності матеріалів, покриттів та конструкцій», 12 листопада 2014 року. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – С. 16.

6. Березюк О. В. Підвищення довговічності сміттєвозів / О. В. Березюк // Тези доповідей V-ої міжнародної інтернет-конференції «Проблеми довговічності матеріалів, покриттів та конструкцій», 1-2 грудня 2017 року. Ч. 1. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – С. 65-66.

7. Березюк О. В. Підвищення енергоефективності завантаження твердих побутових відходів у сміттєвозі / О. В. Березюк // Проблеми енергоресурсозбереження в промисловому регіоні. Наука і практика : зб. тез доповідей всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, спеціалістів, аспірантів. – Маріуполь : ДВНЗ «ПДТУ», 2017. – С. 59-60.

8. Березюк О. В. Регресія кількості сміттєспалювальних заводів / О. В. Березюк, М. С. Лемешев // Сборник научных трудов SWorld. – Иваново : МАРКОВА АД, 2015. – Выпуск 1 (38). Том 2. Технические науки. – С. 63-66.

9. Березюк О. В. Моделювання поширеності компостування як методу поводження з твердими побутовими відходами / О. В. Березюк, Л. Л. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2016. – № 1. – С. 33-38.

10. Березюк О. В. Порівняння динаміки санітарно-бактеріологічного складу твердих побутових відходів під час компостування / О. В. Березюк, Л. Л. Березюк // Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Техногенно-екологічна безпека України : стан та перспективи розвитку», 10-20 листопада 2015 р. – Ірпінь : НУДПСУ, 2015. – С. 218-220.

11. Аболин А. А. Сортировка и прессование отходов на пяти континентах / А. А. Аболин // Твердые бытовые отходы. – 2011. – № 12. – С. 36-37.

## ВИМІРЮВАЧ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Гринчук В. В., студент, Березюк О. В., к.т.н., доцент  
Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

При певних рівнях електромагнітне поле (ЕМП) може несприятливо чинити вплив на організм людини та тварин, а також негативно впливати на роботу електроприладів [1, 2]. Різноманітні види неіонізуючих випромінювань ЕМП мають різний фізіологічний вплив. Розрізняють на практиці вплив магнітного поля (як постійного, квазіпостійного, так і імпульсного), високочастотних (ВЧ) і та надвисокочастотних (НВЧ) випромінювань, випромінювання оптичного діапазону, електричного та магнітного поля промислової частоти, що створюється високовольтним обладнанням тощо.

Через на широке використання джерел ЕМП у побуті (НВЧ – мікрохвильові печі, теле-радіомовлення, мобільні телефони) [3] та на виробництві (обладнання НВЧ, радіозв'язок) [4-9], великого значення набуває необхідність вимірювання та нормування рівнів ЕМП.

Перебування в зоні з підвищеним рівнем ЕМП на протязі певного часу призводить до цілої низки несприятливих наслідків: загальної слабкості, підвищеної втоми, пітливості, сонливості, нудоти, втоми, розлад сну, болю в ділянці серця, головного болю. Кореляційний аналіз показав, зокрема, пряму кореляцію злякисних захворювань головного мозку з максимальним навантаженням від ЕМП навіть від користування мобільними радіотелефонами, які є малопотужними джерелами ЕМП [10]. Виділяють такі види впливу ЕМП на організм людини [11]:

- безпосередній вплив, що проявляється під час перебування в ЕМП, причому зі збільшенням часу перебування в ньому та напруженості поля ефект впливу посилюється;

- вплив електричних розрядів (імпульсного струму), які виникають під час дотику людини до корпусів машин і механізмів на пневматичному ходу, незаземлених конструкцій та протяжних провідників або під час дотику людини, яка ізольована від землі, заземлених конструкцій, до рослин та інших об'єктів, що є заземленими;

- вплив струму, що проходить через людину, яка знаходиться в контакті з ізольованими від землі об'єктами (великогабаритними машинами і механізмами, предметами, протяжними провідниками), – струму стікання. Окрім того, ЕМП може спричиняти вибух або займання випаровувань легкозаймистих речовин через виникнення електричних розрядів під час контакту людей та предметів з механізмами та машинами.

Зі збільшенням напруженості ЕМП ступінь небезпеки кожного із факторів зростає.

Одним з пристроїв вимірювання рівня ЕМП є ИПМ-101М. Вимірювач призначений для контролю гранично допустимих рівнів високочастотних випромінювань на робочих місцях працівників, обслуговуючого електрорадіотехнічні установки і системи, що випромінюють електромагнітне поле. Структурна схема вимірювача представлена на рисунку 1 [12].

Вимірювач виконаний у вигляді малогабаритного переносного приладу з автономним живленням і включає в себе: антенні перетворювачі (АП) спрямованого прийому, пристрій відліковий мікропроцесорний УО-101М, футляр для перенесення.

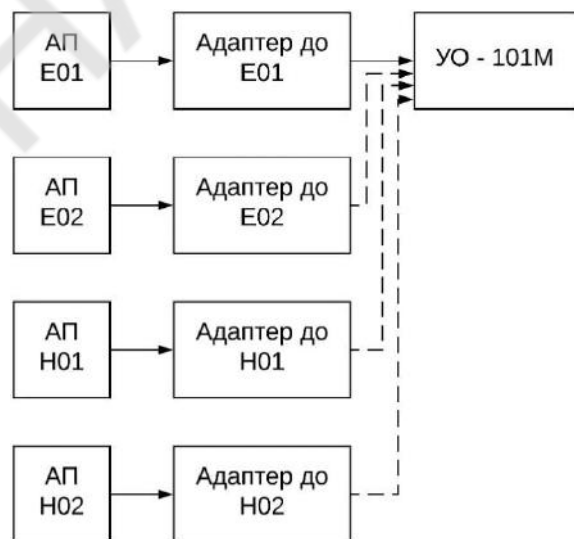


Рисунок 1 – Структурна схема вимірювача рівня ЕМП ИПМ-101М

Для вимірювання напруженості електричного поля призначені АП Е01 і Е02, а для вимірювання напруженості магнітного поля призначені АП Н01 і Н02.

Робота вимірювача заснована на збудженні в (АП) під впливом вимірюваного поля змінної напруги і перетворенні цієї напруги в сигнал постійного струму. Внутрішній мікропроцесорний блок забезпечує перетворення сигналу в цифровий код, математичну обробку та відображення вимірюваної величини на рідкокристалічному індикаторі.

Вимірювач забезпечує: прямий відлік вимірюваних величин (В/м, мкВт/см<sup>2</sup>, А/м), автоматичне визначення типу підключеного АП, автоматичне врахування частотних коефіцієнтів підключеної АП, вимірювання напруженості поля методом вимірювання проекції вектора напруженості поля на вимірювальну вісь АП і трьохортогональним методом при повній автоматизації процесу обчислення кінцевого значення вимірюваної величини, безперервний контроль користувачем ступеня розряду батарей живлення, регулювання користувачем постійної часу вимірювання.

Отже, описаний у роботі прилад дозволяє проводити постійний контроль рівня ЕМП у робочих зонах, де немає прямого доступу до мереж живлення.

#### Інформаційні джерела

1. Лемешев М. С. Будівельні матеріали для захисту від електромагнітного випромінювання / М. С. Лемешев, О. В. Березюк // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія : будівництво. – Суми : СумНАУ, 2014. – Вип. 10 (18). – С. 57-62.

2. Лемешев М. С. Теоретичні передумови підвищення довговічності електропровідних бетонів / М. С. Лемешев, О. В. Березюк // Тези доповідей II-ої міжнародної інтернет-конференції «Проблеми довговічності матеріалів, покриттів та конструкцій», 12 листопада 2014 року : збірник наукових праць. Частина 1. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – С. 21.

3. Березюк О. В. Безпека життєдіяльності : навчальний посібник / О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 204 с.

4. Кобилянський О. В. Основи охорони праці : навчальний посібник / О. В. Кобилянський, М. С. Лемешев, О. В. Березюк. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 188 с.

5. Лемешев М. С. Основи охорони праці для фахівців радіотехнічного профілю : навчальний посібник / М. С. Лемешев, О. В. Березюк. – Вінниця : ВНТУ, 2007. – 108 с.

6. Березюк О. В. Охорона праці в галузі радіотехніки : навчальний посібник / О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 159 с.

7. Лемешев М. С., Березюк О. В. Основи охорони праці для фахівців менеджменту : навчальний посібник / М. С. Лемешев, О. В. Березюк. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 206 с.

8. Березюк О. В. Комп'ютерна програма «Віртуальний стенд для виконання лабораторної роботи "Дослідження та оцінка електромагнітного поля на робочих місцях"» ("OP\_LR\_10") / О. В. Березюк // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 72977. – К. : Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. – Дата реєстрації : 20.07.2017.

9. Федів В. І. Вплив електромагнітних полів (мобільні телефони, Wi-Fi мережі) на здоров'я людини [Електронний ресурс] / В. І. Федів. – Режим доступу : <https://www.bsmu.edu.ua/uk/news/digest/1930-vplyv-electromagnitnyh-poliv> – Назва з екрана.

10. Вплив ЕМХ на системи організму людини, історія досліджень [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://hodunky.com/vplyv-emv-na-sistemi-organizmu-lyudini-istoriya-doslidzhen/> – Назва з екрана.

11. Гандзюк М. П. Основи охорони праці / М. П. Гандзюк, Є. П. Жалібо, М. О. Халімовський. – К., Каравела, 2004. – 408 с.

12. Салтыков В. М. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике : метод. указ. / В. М. Салтыков, А. В. Салтыков, Н. В. Сайдова. – Самара, 2008. – 24 с.

## АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ПОЛІГОНІВ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

**Наконечна А. В., магістрант, Лемешев М. С., к.т.н., доцент  
Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця**

Разом із проблемою твердих промислових відходів [1], актуальними є питання вторинного використання, переробки й знешкодження твердих побутових відходів (ТПВ) [2-5], що потребують вкладення значних коштів, а традиційний метод складування сміття на звалищах стає малоефективним і небезпечним для навколишнього середовища. Варто зазначити, що площа звалищ в Україні перевищує площу природних заповідників (7% проти 4,5%). Щороку в країні створюється 12 тисяч незаконних сміттєзвалищ, тому що полігонів недостатньо. Більшість існуючих полігонів уже вичерпали свій ресурс, а сміттєзвалища стали фактором антропогенного навантаження на навколишнє середовище.

Переповнені звалища й полігони виводять з використання величезні земельні площі, отруюють водойми та повітря є розсадниками гризунів, інкубаторами хвороботворних організмів. Вимоги до полігонів ТПВ постійно зростають, що підвищує вартість захоронення відходів. Комплексна переробка ТПВ, що включає сортування, термообробку, ферментацію та інші процеси, забезпечує максимальну екологічну та економічну ефективність.

Найбільш розповсюдженими видами промислової переробки ТПВ є спалювання, ферментація, сортування та їх різні комбінації.

На сьогоднішній день у багатьох населених, особливо густонаселених, пунктах найбільш поширеним методом поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) є їхнє транспортування до полігонів і звалищ за допомогою сміттєвозів [6-10]. Тому умови утримання даних територій і поховань є актуальною проблемою.

Мало хто замислюється про те, що основні витрати на утримання полігонів починаються тоді, коли складування відходів завершено. Звалище «живе» довгі роки, виділяючи фільтрат і гази. Розкладання органічної частини відходів з виділенням газів триває майже три чверті століття. Виділення газів з товщі відходів, яке починається практично відразу після складування, досягає максимуму через 25-30 років, після чого виділення газу триває ще близько 50 років. Таким чином, подібні поховання є найпотужнішими джерелами забруднення навколишнього середовища. Вплив полігону супроводжується зміщенням екологічної рівноваги в бік переважання експлеорентних організмів, розмноженням синантропних тварин, патогенними мікроорганізмами.

Для хоча б часткової нейтралізації негативного впливу на навколишнє середовище полігони повинні бути обладнані стійкою гідроізоляцією, а також системою збору та знешкодження фільтрату, що виділяється з відходів. У деяких європейських країнах на полігонах монтують системи збору метану, який потім спалюють у факелі або на енергетичній установці в якості палива, в залежності від концентрації метану. Подібні системи вимагають значних витрат як при спорудженні, так і при експлуатації.

При улаштуванні полігону ТПВ необхідно враховувати вартість землі, відведених під полігони і надовго виведених з господарського використання, а так само вартість протипожежних заходів, облаштування звалищ після їх закриття, контролю стану цих об'єктів. Його водозбірні і водовідвідні системи повинні перебувати в належному робочому стані. Площа полігону повинна постійно рекультивуватися. Не менш важливим фактором є негативний вплив звалищних мас на природу і людину. При цьому слід пам'ятати, що контроль дотримання вимог природоохоронного законодавства посилюється, а «правильне» поховання відходів вимагає значних витрат.

На початок 2013 року в Україні кількість перевантажених сміттєзвалищ складає 334 од.

(5%), а 878 од. (13%) – не відповідають нормам екологічної безпеки. Неналежним чином проводиться робота з паспортизації, рекультивації та санації сміттєзвалищ. З 2715 сміттєзвалищ, які потребують паспортизації, у 2012 році фактично паспортизовано 587 од. (потребує паспортизації 32% сміттєзвалищ від їх загальної кількості).

Найбільша кількість полігонів, які потребують паспортизації, у Запорізькій області – 84 % від загальної кількості полігонів в області. З 750 сміттєзвалищ, які потребують рекультивації, фактично рекультивовано 182 од. (8% потребує рекультивації). З 455 сміттєзвалищ, які потребують санації, фактично сановано 63 од. (6% потребує санації). Найбільша кількість полігонів, які потребують рекультивації, у Запорізької області – 84 % від загальної кількості полігонів в області та Івано-Франківській області – 30 %.

Так, наприклад, в величезних містах з широкими можливостями на сьогоднішній день в кращому випадку переробляється лише 1/8 частина всіх утворюваних ТПВ.

Отже, збільшення обсягів переробки твердих побутових відходів є нагальною потребою і для наших населених пунктів, а організація переробки відходів ускладнюється цілим рядом факторів. Серед яких особливе значення мають: відсутність роздільного збору та наявність вільних територій для захоронення відходів.

#### Інформаційні джерела

1. Ковальський В. П. Обґрунтування доцільності використання золошламового в'язучого для приготування сухих будівельних сумішей / В. П. Ковальський, В. П. Очеретний, М. С. Лемешев, А. В. Бондар // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне : Видавництво НУВГіП, 2013. – Випуск 26. – С. 186-193.

2. Березюк О. В. Математичне моделювання динаміки гідроприводу робочих органів перевертання контейнера під час завантаження твердих побутових відходів у сміттєвоз / О. В. Березюк // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2013. – № 5. – С. 60-64.

3. Berezyuk O. V. Dynamics of hydraulic drive of hanging sweeping equipment of dust-cart with extended functional possibilities / O. V. Berezyuk, V. I. Savulyak // TECHNOMUS – New Technologies and Products in Machine Manufacturing Technologies. – Suceava, Romania, 2015. – No 22. – P. 345-351.

4. Березюк О. В. Моделювання компресійної характеристики твердих побутових відходів у сміттєвозі на основі комп'ютерної програми "PlanExp" / О. В. Березюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2016. – № 6. – С. 23-28.

5. Березюк О. В. Привод зневоднення та ущільнення твердих побутових відходів у сміттєвозі / О. В. Березюк // Вісник машинобудування та транспорту. – 2016. – № 2. – С. 14-18.

6. Березюк О. В. Структура машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів / О. В. Березюк // Вісник машинобудування та транспорту. – 2015. – № 2. – С. 3-7.

7. Березюк О. В. Вплив характеристик тертя на динаміку гідроприводу вивантаження твердих побутових відходів із сміттєвоза / О. В. Березюк, В. І. Савуляк // Проблеми тертя та зношування. – 2015. – № 3 (68). – С. 45-50.

8. Berezyuk O. Approximated mathematical model of hydraulic drive of container upturning during loading of solid domestic wastes into a dustcart / O. Berezyuk, V. Savulyak // Technical Sciences. – University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland, 2017. – No. 20(3). – P. 259–273.

9. Березюк О. В. Методика инженерных расчётов параметров навесного подметального оборудования экологической машины на основе мусоровоза / О. В. Березюк // Современные проблемы транспортного комплекса России. – Магнитогорск, 2016. – № 2. – С. 39-45.

10. Березюк О. В. Огляд конструкцій машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів / О. В. Березюк // Вісник машинобудування та транспорту. – 2015. – № 1. – С. 3-8.

## ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОГЕННИХ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ

Постолатій М.О., студент

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Одним із перспективних напрямків розв'язання стратегічних задач будівельного комплексу є використання промислових та твердих побутових відходів в технології виробництва будівельних матеріалів. Переробка і використання таких відходів вигідна як з економічної, так і екологічної точки зору, адже одночасно відбувається звільнення значних земельних угідь від накопичених відвалів шкідливих хімічних відходів і зниження витрат на їх формування та утримання [1-4].

Найбільшу кількість промислових відходів накопичують підприємства гірничодобувних, металургійних та теплоенергетичних галузей. Колосальне накопичення таких відходів порушує екологічну рівновагу в природі, є джерелом забруднення навколишнього середовища. Використання відходів підприємств даних галузей в будівельній індустрії дозволить вирішити ряд задач: екологічну (ліквідацію відходів виробництва), економічну (вартість розчинів, бетонів та виробів з вторинної сировини значно дешевша), та соціальну (збільшення будівництва житла та інших об'єктів, здешевлення матеріалів) [5].

Перепоною для повномасштабного використання техногенних промислових відходів в галузі будівельних матеріалів є наявність у їх складі природних радіонуклідів. За результатами проведених аналітичних досліджень встановлено, що сумарна питома активність для фосфогіпсу складає 56,9 Бк/кг, золи-винос – 284 Бк/кг, червоного шламу – 450 Бк/кг [5-6]. Тому можна стверджувати, що використання таких відходів у виробництві будівельних виробів можливе без всяких обмежень.

Аналіз наукових досліджень і практичний досвід використання золи-винос, показує економічну доцільність використання відходів ТЕС при виробництві цементу та інших будівельних матеріалів [7]. У зв'язку із складним економічним становищем в країні виникає необхідність використання промислових відходів при виробництві будівельних матеріалів.

При згоранні вугілля на теплових електростанціях в Україні щорічно утворюється 7-9 млн тонн золи-винос та шлаків. Основні складові золи-винос -  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  перебувають переважно у вигляді скловидних фаз, тому їх можна вважати інертними компонентами. Кількість  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  суттєво впливає на основні фізико-хімічні властивості золи виносу.

В роботах [8-9] авторами встановлено, що активність золи зростає із збільшенням вмісту  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Руйнування скловидної оболонки відкриває доступ до реакційно здатних складових компонентів, проявляється найважливіша її властивість – здатність реагувати з гідроксидом кальцію  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , який виділяється при гідратації цементу.

Бокситовий червоний шлам утворюється як побічний продукт при виробництві алюмінію. Одним із основних шляхів утилізації червоного шламу в сфері будівельного виробництва є використання його у якості залізоголиноземистого компоненту сировинної суміші при виготовленні портландцементного клінкеру. Сировинні суміші, що містять червоний шлам, відрізняються високою реактивною здатністю при випалюванні. Оксид заліза і луги, що знаходяться в шламі, знижують температуру появи рідкої фази і тим самим сприятливо впливають на реакційну здатність оксиду кальцію при випалюванні клінкеру [10-11].

Авторами в роботах [8, 10] доведено, що додавання бокситового шламу до складу золацементної суміші забезпечує інтенсифікацію процесів новоутворень мінерально-фазового складу комплексного в'язучого. Додавання до складу попередньо активованих зола-шламових сумішей 20-30 % мас портландцементу М400 забезпечує отримання механічної міцності зразків при стиску 12 – 16,4 МПа.

Висновки. В результаті проведених аналітичних досліджень можна стверджувати, що

використання золи-винос та червоного бокситового шламу у технологіях виробництва будівельних матеріалів, сприяють покращенню фізико-хімічних та реологічних властивостей бетонної суміші.

Інформаційні джерела

1. Лемешев М. С. Комплексна переробка техногенних відходів хімічної промисловості та металообробних виробництв / М. С. Лемешев, О. В. Христинич, О. В. Березюк // *Materiály XI Mezinárodní vědecko-praktická konference «Aktuální vymoženosti vědy – 2015»*. – Praha: Publishing House «Education and Science» s.r.o, 2015. – Díl 7. Fyzika. Matematika. Moderní informační technologie. Výstavba a architektura. Technické vědy. – S. 60-62.

2. Березюк О. В. Визначення регресійної залежності необхідної площі під обладнання для компостування твердих побутових відходів від його продуктивності / О. В. Березюк, М. С. Лемешев // *Инновационное развитие территорий: Материалы 2-й Междунар. науч.-практ. конф. (25–27 февраля 2014 г.)* /// Отв. за вып. Е. В. Белановская. – Череповец: ЧГУ, 2014. – С. 55-58. ISBN 978–5–85341–615–4.

3. Лемешев М. С. Легкі бетони отримані на основі відходів промисловості / М. С. Лемешев, О. В. Березюк // *Сборник научных трудов SWorld*. – Иваново: МАРКОВА АД, 2015. – № 1 (38). Т. 13. – С. 111-114.

4. Сердюк В.Р. Комплексне в'яжуче з використанням мінеральних добавок та відходів виробництва / Сердюк В. Р., Лемешев М.С., Христинич О.В. // *Будівельні матеріали, виробництво та санітарна техніка. Науково-технічний збірник*. – 2009. – Вип. 33. – С. 57– 62.

5. Сердюк В. Р. Золоцементне в'яжуче для виготовлення ніздрюватих бетонів / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О. В. Христинич // *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. – 2011. – № 1. – С. 57-61.

6. Лемешев М. С. В'яжучі з використанням промислових відходів Вінниччини / М. С. Лемешев // *Тези доповідей XXIV міжнародної науково - практичної конференції "Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я"*, Харків, 18-20 травня 2016 р. – Харків : НТУ "ХПИ", 2016. – Ч. III. - С. 381.

7. Березюк, О. В. Регресія площі полігону твердих побутових відходів для видобування звалищного газу / О. В. Березюк, М. С. Лемешев // *Мир науки и инноваций*. – Иваново: Научный мир, 2015. – № 1 (1). Т. 5. – С. 48-51.

8. Ковальський В. П. Обґрунтування доцільності використання золошламового в'яжучого для приготування сухих будівельних сумішей / В. П. Ковальський, В. П. Очеретний, М. С. Лемешев, А. В. Бондар. // *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. – Рівне: Видавництво НУВГіП, 2013. – Випуск 26. – С. 186-193.

9. Лемешев М. С. Дрібнозернистий бетон з модифікованим заповнювачем техногенного походження / М. С. Лемешев, О. В. Христинич, О. В. Березюк // *Materiały XI Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Naukowa przestrzeń Europy – 2015»*. – Przemysł (Poland): Nauka i studia, 2015. – Volume 23. Ekologia. Geografia i geologia. Budownictwo i architektura. Chemia i chemiczne technologie. – S. 56-58.

10. Лемешев М. С. Строительные изделия с использованием промышленных отходов / М. С. Лемешев, О. В. Березюк // *Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе : материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов*. – Тюмень : ФГБОУВО “Тюменский индустриальный университет”, 2017. – С. 41-44.

11. Лемешев М. С. Фосфогіпсозолоцементні та металофосфатні в'яжучі з використанням відходів виробництва / М. С. Лемешев, О. В. Христинич, О. В. Березюк // *Сучасні екологічно безпечні та енергозберігаючі технології в природокористуванні : Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених і студентів*. – Київ : КНУБА, 2011. – Ч. 1. - С. 125-128.

*Науковий керівник: Березюк О. В., к.т.н., доцент, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця*

## В'ЯЖУЧІ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОМИСЛОВИХ ТЕХНОГЕННИХ ВІДХОДІВ

Стаднійчук М.Ю., студент, Березюк О. В., к.т.н., доцент  
Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Економія палива і електроенергії, використання побічних продуктів промисловості, твердих побутових відходів, зниження рівня забруднення навколишнього середовища, зменшення витрат природної сировини — є найважливішою задачею, що стоїть перед промисловою будівельною галуззю. Одним із перспективних напрямків розв'язання стратегічних задач будівельного комплексу є використання багатотоннажних відходів - фосфогіпсів, золи-виносу, дисперсних металевих шлаків та місцевих природних сировинних ресурсів в технології виробництва ефективних будівельних матеріалів [1-3].

Серед великої кількості відомих технологій виробництва будівельних матеріалів з використанням техногенних відходів немає таких які б широко використовувалися в промисловості будівельних матеріалів та виробів. Так як ці технології, як правило, пов'язані з глибокою очисткою, термічною обробкою вторинних продуктів промисловості, що суттєво ускладнює технологічний процес та призводить до повторного накопичення шкідливих відходів.

Пошук нових в'язучих речовин обумовлений в основному двома причинами: з однієї сторони, великою енергоємністю і, як наслідок, високою собівартістю виробництва портландцементу; з другої сторони, потребою в матеріалах зі спеціальними властивостями (стійкими до дії високих температур, агресивних речовин, радіаційного випромінювання, біологічних організмів, з високою чи низькою густиною тощо) [4-5]. Розвиток технологічних процесів в галузях народного господарства, зміна запитів споживачів до будівельної продукції вимагають розробки нових будівельних матеріалів і, в першу чергу, в'язучих.

Отримання фосфогіпсозолоцементних та металофосфатних в'язучих на основі відходів хімічної промисловості і металообробних виробництв дозволяють вирішити актуальну для України проблему енерго та ресурсозбереження шляхом створення нових будівельних матеріалів поліфункціонального призначення.

У Вінницькій області на території колишнього ВО "Хімпром" накопичено близько 800 тис. тон шкідливих хімічних відходів - фосфогіпсів. Другим шкідливим продуктом виробничої діяльності регіону є накопичення зола-шлакових відходів на Ладижинській ТЕС і теперішня їх кількість дорівнює біля 20661 тис. тон. На підприємствах металообробних виробництв регіону накопичено близько 300 тис тон дисперсних металевих відходів – шлами сталі ШХ-15 [6-7].

В "Лабораторії ресурсозберігаючих технологій та спеціальних бетонів" Вінницького національного технічного університету проводяться дослідження по комплексній переробці техногенних відходів (золи-виносу, фосфогіпсу, металевих шлаків) для отримання комплексного металозолофосфатного в'язучого (МЗФВ).

Запропоноване комплексне в'язуче можна використовувати для виготовлення жаростійких бетонів [8-9]. В якості оксидного компоненту в'язучого доцільно застосовувати залізовміщуючі відходи промисловості. Наприклад, відходи металообробних виробництв, які представляють собою тонкодисперсний металевий шлак. Даний шлак практично не переробляється через високу дисперсність і вміст мастильно-охолоджувальних речовин. Він утворюється при виготовленні підшипників із сталі ШХ-15. Процентний вміст заліза складає 86,3 - 87,96%. Середній розмір частинок шламу складає  $2 \times 10^{-5}$  м. Питома поверхня даного порошку досягає  $0,5 - 2 \times 10^3$  м<sup>2</sup>/кг. При зберіганні шламу у відкритих відвалах відбувається глибоке окислення заліза і висихання водних складових мастильно-охолоджувальних речовин. Оксидний шар складають гематит (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), магнетит (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>), юстит (розчин Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> у FeO), лапідокрит (FeO(OH)) [10-11].

Проведені наукові дослідження спрямовані на комплексну переробку фосфогіпсових відходів, золи-виносу і металевих шлаків. Метою даних досліджень є розробка нової безвідходної технології переробки фосфогіпсу шляхом його відмивання з використанням дефлокуючих добавок і отримання гіпсового в'язучого та послідуєuche використання кислих стоків для отримання нового різновиду комплексного в'язучого МЗФВ.

#### Інформаційні джерела

1. Березюк, О. В. Регресія площі полігону твердих побутових відходів для видобування звалищного газу / О. В. Березюк, М. С. Лемешев // Мир науки и инноваций. – Иваново: Научный мир, 2015. – № 1 (1). Т. 5. – С. 48-51.

2. Сердюк В.Р. Комплексне в'язуче з використанням мінеральних добавок та відходів виробництва / Сердюк В. Р., Лемешев М.С., Христич О.В. // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. Науково-технічний збірник. – 2009. – Вип. 33. – С. 57– 62.

3. Лемешев М. С. В'язуче на основі промислових відходів / М. С. Лемешев // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития '2017: материалы международной научно-практической Интернет-конференции, 10-17 октября 2017 г. – Москва (Россия) : SWorld, 2017. – 6 с. – Режим доступа : <http://www.sworld.com.ua/index.php/ru/arts-architecture-and-construction-317/modern-construction-technologies-317/29547-317-027>.

4. Сердюк В. Р. Золоцементне в'язуче для виготовлення ніздрюватих бетонів / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О. В. Христич // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2011. – № 1. – С. 57-61.

5. Лемешев М. С. Комплексна переробка техногенних відходів хімічної промисловості та металообробних виробництв / М. С. Лемешев, О. В. Христич, О. В. Березюк // Materiály XI Mezinárodní vědecko-praktická konference «Aktuální vymoženosti vědy – 2015». – Praha: Publishing House «Education and Science» s.r.o, 2015. – Díl 7. Fyzika. Matematika. Moderní informační technologie. Výstavba a architektura. Technické vědy. – S. 60-62.

6. Лемешев М.С. Технологічні особливості формування електротехнічних властивостей електропровідних бетонів / М.С. Лемешев, О.В. Березюк, О.В. Христич // Мир науки и инноваций. – Иваново: Научный мир, 2015. – Выпуск 1 (1). Том 10. География. Геология. Искусствоведение, архитектура и строительство. – С. 74-78.

7. Лемешев М. С. Металлонасыщенные бетоны для защиты от электромагнитного излучения / М. С. Лемешев // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури – Одеса: Зовнішрекламсервіс. – 2013. - №3

8. Лемешев М. С. В'язучі з використанням промислових відходів Вінничини / М. С. Лемешев // Тези доповідей ХХІV міжнародної науково - практичної конференції "Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я", Харків, 18-20 травня 2016 р. – Харків : НТУ "ХПИ", 2016. – Ч. III. - С. 381.

9. Березюк, О. В. Моделювання динаміки санітарно-бактеріологічного складу твердих побутових відходів під час весняного компостування / О. В. Березюк, М. С. Лемешев, Л. Л. Березюк, І. В. Віштак // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2015. – № 1. – С. 29-33.

10. Ковальський В. П. Обґрунтування доцільності використання золошламового в'язучого для приготування сухих будівельних сумішей / В. П. Ковальський, В. П. Очеретний, М. С. Лемешев, А. В. Бондар. // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне: Видавництво НУВГіП, 2013. – Випуск 26. – С. 186-193.

11. Лемешев М. С. Дрібнозернистий бетон з модифікованим заповнювачем техногенного походження / М. С. Лемешев, О. В. Христич, О. В. Березюк // Materiały XI Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Naukowa przestrzeń Europy – 2015». – Przemysł (Poland): Nauka i studia, 2015. – Volume 23. Ekologia. Geografia i geologia. Budownictwo i architektura. Chemia i chemiczne technologie. – S. 56-58.

## USE OF LIGNIMODIFICATION ENZYMES FOR CLEANING STEEL WATERS FROM LIGNOSULPHONATES

Mykoliv S.I.

National university of food technologies, Kyiv

The main environmental problem generated by the pulp and paper industry is the treatment of sewage and the treatment of condensates that are formed in evaporators and reactors. Methods suitable for effective removal of compounds are prone to biodegradation, but they are expensive and ineffective for derivatives of lignin (can not be processed).

Lignosulphonates are water-soluble sulfophodidnye lignin, formed in the sulfite method of delignification of wood. These are sodium salts of lignosulphonic acids with impurities of reducing and mineral substances [1]. Often they are used for the manufacture of urea formaldehyde glue.

The structure of lignosulphonates is not known in detail. This is a heterogeneous mixture of compounds with a wide spectrum of molecular mass (300-100000); composition of mixtures is determined by the nature of the processed wood. The formation of sulfonates leads to a partial solubilization of lignin fragments. The complexity of the structure of lignosulfonates complicates the study of their biodegradation. Modeling compounds are commonly used to simplify the task, for example, dehydropolymers of coniferous alcohol and other low molecular weight products. Low molecular weight lignosulfonates are more susceptible to biodegradation than high molecular weight; on the other hand, derivatives of lignin are more stable to destruction than lignin itself. Consequently, the formation of sulfopodidnyh complicates the processing [2].

Sensitivity of lignosulfonates to biodegradation increases after their chemical or physical modification. Under the influence of UV rays and ozonation, fragmentation of these molecules occurs, and the removal of sulfonic acid residues alleviates the solubility of lignosulfonates, while reducing their resistance to biodegradation. There have been attempts to use microbial desulfurization with anaerobic sulfate-reducing bacteria *Pseudomonas*. Great opportunities are mixed crops that produce lignin-modifying enzymes. The use of such cultures for the destruction of lignosulfonates may be more effective than the use of individual strains, since it can create a composition with a wide spectrum of activity, for example, capable of desulphing, splitting of strong bonds, methylation and depolymerization [2].

Therefore, if you use a biological, rather than a sulfate, method of wood delignification, you can reduce the amount of by-products of the reaction, which often negatively affects the environment, and it is not always possible to quickly get rid of them. This is an ecological way of treating wood from lignin, usually by means of mushrooms, can reduce production areas but not lose productivity.

### Information sources

1. Лигнин. Что такое лигнин, происхождение, получение, свойства и применения лигнина [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://c-a-m.narod.ru/material/lignin\\_definition.html](http://c-a-m.narod.ru/material/lignin_definition.html)

2. Свергузова С.В., Тарасова Г.И. Основы мікробіології і біотехнології: Навчальний посібник. – Белгород: Вид-во БелГТАСМ, 1999. – Ч.2. – 96с.

*Supervisor - Ph.D., Associate Professor Krasin'ko V.O.  
National university of food technologies*

## ПРОБЛЕМА ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ В ОДЕСЬКОМУ РЕГІОНІ

Арнаут О.І., студентка, Зацеркляний М.М., к.т.н., доц.  
Одеська національна академія харчових технологій

Проблема якості питної води для України була і продовжує залишатися вкрай актуальною і надзвичайно гострою. За власними запасами води, доступними до використання, Україна є однією з найменш забезпечених країн Європи. Водні ресурси України складаються з річкового стоку, що формується на території, і стоку, що надходить з території Білорусії і Росії по Дніпру, Дністру, Десні, Сіверському Дінцю тощо, а також запасів підземних вод. Крім того, використовується вода ріки Дунай і морська вода.

Водні ресурси Одеської області складаються з запасів підземних та поверхневих вод. Запаси поверхневих вод на території області розподіляються нерівномірно. Північна та центральна частини території характеризуються обмеженими запасами води, а південь та захід, які тяжіють до річок Дністер та Дунай, мають великий запас води. На території Одеської області розташовано 5732 артезіанських свердловин та 195 шахтних колодязів. Однак, забезпеченість підземними водами якісною питною водою у цілому по області становить близько 30%. Питне водопостачання області майже на 80% забезпечується за рахунок поверхневих джерел, тому якість води у поверхневих водних об'єктах є вирішальним чинником санітарного та епідеміологічного благополуччя населення. Одеський водопровід одержує воду з поверхневих джерел ріки Дністер, Кілійський та Вилківський з ріки Дунай, Болградський з озера Ялпуг. Всі інші населені пункти користуються водою з підземних джерел та привізною водою.

Якість води річки Дністер, що забезпечує водою м. Одесу, контролюється у двох пунктах – м. Біляївка і с. Маяки. Вода за своїм складом переважно сульфатно-гідрокарбонатна, з переважанням в катіонному складі іонів кальцію. Загалом переважна більшість компонентів не перевищує ГДК за винятком окремих показників. Виключення складає вміст ХСК і БСК<sub>5</sub>. У цілому, якість води, можна вважати стабільною.

Вода річки Турунчук характеризується сульфатно-гідрокарбонатним аніонним, кальцієвим, магнієво-кальцієвим і кальцієво-магнієвим катіонним складом. Переважна більшість не перевищує ГДК за винятком показників режиму кисню. Незначно збільшилися кількісні показники вмісту сульфатів, магнію, нафтопродуктів, СПАР, заліза. У цілому, в порівнянні з попередніми роками, можна говорити про деяке покращення якості води, за винятком показників режиму кисню.

Вода річки Білочі переважно гідрокарбонатна, магнієво-кальцієва і натрієво-кальцієва, рідше сульфатно-магнієва. Загалом переважна більшість компонентів не перевищує ГДК. Виключення складають показники кольоровості і ХСК, СПАР і мінералізація. У порівнянні з попередніми роками, якість води дещо погіршилася.

Гідрохімічний склад води річки Окна характеризується переважанням в аніонному складі гідрокарбонатних іонів. Вода кальцієво-магнієва і магнієво-кальцієва за катіонним складом. Загалом переважна більшість компонентів не перевищує ГДК. Виключення складають разові значення БСК<sub>5</sub>, СПАР і ХСК. У порівнянні з попередніми роками, якість води залишається практично без змін. Але за деякими середніми показниками (більшість показників режиму засолення, вмісту нітритів, нітратів, фосфатів, розчиненого кисню) якість води дещо покращилася.

Вода річки Ягорлик характеризується сульфатно-гідрокарбонатним і гідрокарбонатним аніонним складом при кальцієво-натрієво-магнієвому і кальцієво-магнієвому катіонному складі. Загалом переважна більшість показників не перевищує ГДК. Виключення складає разові значення ХСК, БСК<sub>5</sub>, розчиненого кисню і СПАР. Останнім часом, якість води дещо погіршилася.

У річці Кучурган вода характеризується змінним аніонним складом. Вона хлоридно-

гідрокарбонатна, хлоридна, гідрокарбонатно-хлоридно-сульфатна, магнієво-натрієва і натрієво-магнієва. Більшість компонентів перевищує ГДК. У порівнянні з попереднім роками, якість води погіршилась. Вода стає стабільно забрудненою сульфатами і жирами.

Незважаючи на те, що тільки у 2016 році було видано 194 дозволів на спеціальне водокористування, в Одеській області проблема забезпечення населення питною водою гарантованої якості залишається не вирішеною.

Населення Одеської області забезпечується водою з 37 комунальних, 356 відомчих, 587 сільських та 2 міжрайонних групових водопроводів (джерелами водопостачання для яких є підземні – артезіанські свердловини та поверхневі – річки Дністер, Дунай, озеро Ялпуг.

Через відсутність природних джерел доброякісної питної води, особливо в південних районах області, частково або повністю постачаються привізною водою 119 населених пунктів області.

Децентралізованим водопостачанням забезпечуються 35% сільських населених пунктів області, де експлуатуються 2390 тис. колодязів громадського водокористування.

Санітарно-технічний стан об'єктів водопостачання у районах області є незадовільний, зношення водопровідної системи та розвідної мережі складає біля 70%, особливо у сільській місцевості.

За період 2017 року на території Одеської області не зафіксовано масових захворювань та не встановлено шкідливий вплив на стан здоров'я і життя факторів середовища життєдіяльності під час проходження повеневих явищ.

З метою забезпечення населення якісною та безпечною для здоров'я людини питною водою відповідно до Закону України «Про Загальнодержавну програму «Питна вода України» на 2000-2020 роки» в області затверджено Регіональну програму «Питна вода Одеської області на 2010-2013 роки і період до 2020 року», якою було передбачено спрямування на модернізацію та розвиток водопровідно-каналізаційного господарства області до 2020 року більш як 300 млн. грн.

Взагалі виходячого з наведеного вище, проблема забезпечення населення якісною питною водою відноситься до числа соціально найважливіших, оскільки вона безпосередньо впливає на здоров'я людини і кардинально визначає ступінь екологічної і епідеміологічної безпеки цілого регіону.

При підготовці тез і доповіді використані матеріали Регіональної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Одеській області у 2017 році департаменту екології та природних ресурсів Одеської обласної державної адміністрації та матеріали відділу аналітичного контролю та моніторингу державної екологічної інспекції в Одеській області.

**УДК 628.382.2**

## **МИНИМИЗАЦИЯ АНТРОПОГЕННОГО ПЫЛЕВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МУКОМОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

**Руссу Д., студентка, Зацерклянный М.М., к.т.н., доц.  
Одесская национальная академия пищевых технологий**

За последние десятилетия состояние атмосферы многих промышленных регионов Украины значительно ухудшилось. Причины этого - бесконтрольная техногенная деятельность, отсутствие высокотехнологичных очистных систем, достоверных данных о состоянии окружающей среды, научно обоснованных прогнозах ее изменения и эффективного государственного контроля.

В пищевой промышленности, особенно в зерноперерабатывающей отрасли, многие технологические процессы сопровождаются значительным выделением пыли, которая явля-

ется одним из главных вредных веществ на данных предприятиях. Пыль загрязняет окружающую среду, оказывает неблагоприятное воздействие на обслуживающий персонал, вызывает преждевременный износ технологического оборудования, обладает высокой взрыво- и пожароопасностью, ее выделение связано с потерей части сырья и готовой продукции.

Сокращение потерь в технологии производства сыпучих пищевых продуктов за счет совершенствования очистки выбросов от пылевидных фракций, обеспечивающего, в свою очередь, охрану воздушной среды является одной из проблем, приобретающих в последние годы все большую экологическую роль и отраслевую значимость,

Чтобы удовлетворить санитарно-гигиеническим требованиям, с учетом важности проблемы сокращения потерь продукта в качественно новых рыночных условиях развития перерабатывающих производств, необходимо, в первую очередь, исследовать и реализовать возможности существенного повышения эффективности и стабильности основных способов улавливания пыли - сухих и мокрых инерционных методов, а также обосновать и регламентировать необходимый уровень очистки отработанного воздуха с учетом возросших экологических требований.

Однако решение данной проблемы осложняется отсутствием полноценных сведений о физико-химических и структурно-механических свойствах пылевидных пищевых продуктов, режимных параметрах запыленных воздушных выбросов, данных об оптимальных типах пылеуловителей для конкретных условий производства. Практика показала, что механический перенос неплохо зарекомендовавшего себя в определенных условиях очистного оборудования в совершенно новых условиях может дать отрицательный результат.

Проблема исследования специфических свойств ряда пищевой пыли, параметров соответствующих воздушных выбросов и разработки более эффективных пылеочистных устройств является предметом настоящей работы.

Эффективная очистка воздуха в перерабатывающей промышленности имеет не только экологическое, санитарно-гигиеническое, и технологическое, но и существенное экономическое значение. Проблемы неблагоприятного состояния воздушной среды в производственных помещениях зерноперерабатывающих предприятий и мест их дислокации остаются актуальными экологическими задачами.

Цель нашей работы состоит в разработке технологии и технических решений по снижению антропогенного воздействия на окружающую среду мукомольных предприятий на основе совершенствования проектирования обеспыливающих систем.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- изучалось влияние пыли мукомольных предприятий на элементы окружающей среды (воздух, воду, растительные объекты);
- устанавливались закономерности распределения пыли внутри производственных помещений мукомольных предприятий;
- изучались особенности фракционного, химического, микробиологического состава пыли минерального и органического происхождения мукомольных предприятий;
- изучалось влияние мучной пыли на обслуживающий персонал;
- разрабатывалась методика инженерного расчета обеспыливающих систем производственных помещений мукомольных предприятий и оценивалась ее эколого-экономическая эффективность.

Показано, что направленность, скорость перемещения воздуха, фракционное распределение и осадочная запыленность в функциональных помещениях мукомольных предприятий, имеют индивидуальный характер для каждого из видов технологического оборудования и зависят от воздушных потоков, создаваемых их движущимися частями. Определены характеристические зоны повышенной концентрации пыли производственных помещений установлено, что максимальная концентрация мелкодисперсной (5-10 мкм) пыли наблюдается на высоте 1,8 и 0,1 м.

Переработка зерна сопровождается выделением пыли органического и минерального

происхождения, которая осаждается или витает под действием воздушных потоков, создаваемых технологическим оборудованием, с образованием зон повышенной ее концентрации, требующих учета их особенностей при расчете обеспыливающих установок.

Использование разработанной методики обеспыливания, основанной на учете характера распределения пыли и методики ее реализующей, позволяет существенно улучшить состояние окружающей среды в местах дислокации мукомольных предприятий.

На основе полученных экспериментальных результатов о характере формирования воздушных потоков, особенностей химического и микробиологического состава, распределения различных фракций пыли в функциональных помещениях мукомольных предприятий разработана методика расчета их обеспыливающих установок, предполагающая одновременное обеспыливание технологического оборудования и зон помещений с максимальной ее концентрацией.

Установлено, что БПК и ХПК воды в условиях воздействия зерновой и мучной пыли при использовании разработанной методологии обеспыливания соответствуют нормативам на расстоянии 200 м от источника пылевыведения. Биологическая продуктивность растительных объектов также нормализуется в указанных пределах, что предполагает возможность сокращения величины санитарно-защитной зоны мукомольных предприятий на 100 м.

**УДК 66.074:628.384**

## **ПІДПРИЄМСТВА ГАЛУЗІ ХЛІБОПРОДУКТІВ – ДЖЕРЕЛА ВПЛИВУ НА СТАН ДОВКІЛЛЯ**

**Яструб К.В., студентка, Зацеркляний М.М., к.т.н., доц.  
Одеська національна академія харчових технологій**

Проблемами, пов'язаними із аналізом сучасного стану екологічної безпеки на об'єктах галузі хлібопродуктів і розробкою технологій і апаратів для очистки повітря від пилу, займалися В.А. Батлук [2], Г.К. Бондарев [3], О.І. Гопанюк [4], О.М. Дзядзю [5], Є.А. Дмитрук [6], В.М. Шмандій [7], та інші з Одеської національної академії харчових технологій, Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.

Виробничі процеси підприємств галузі хлібопродуктів істотно впливають на стан довкілля. Вплив характеризується наступними напрямками: забрудненням атмосферного повітря за рахунок викидів пилу при прийманні, транспортуванні, переміщенні, очищенні, сушінні, сухих методах підготовки зерна та його переробки; забрудненням води при мокрому методі підготовки зерна до переробки і утворенням різних видів виробничих відходів, що надходять у літосферу.

У повітрі робочої зони виробничих приміщень, концентрація зернового пилу повинна складати не більше 4 мг/дм<sup>3</sup>, борошняного - 6 мг/дм<sup>3</sup>, оскільки такий пил негативно впливає на здоров'я обслуговуючого персоналу, є причиною виникнення пожеж і вибухів на хлібоприймальних та зернопереробних підприємствах, а потрапляючи у навколишнє середовище забруднюють його.

Нами вивчені фізичні і фізико-хімічні властивості, хімічний і мікробіологічний склад пилу мінерального і органічного походження підприємств галузі у залежності від виду виробничої діяльності. Вивчено вплив пилу підприємств на елементи навколишнього середовища (повітря, воду, рослинні об'єкти). Встановлені закономірності розподілу пилу у середині виробничих приміщень підприємств і за їх межами.

Викиди пилу в атмосферне повітря від підприємств галузі хлібопродуктів складаються з сумарної кількості пилу, що відходить від технологічного і транспортного устаткування.

Повітря, що видаляється вентиляційними системами, перед викидом в атмосферу повинно очищатися від пилу з максимально можливою за техніко-економічних міркувань повнотою. Ступінь очищення повітря від пилу визначається виходячи з допустимого залишкового вмісту пилу у повітрі після очищення, а також з техніко-економічних міркувань (у тому випадку, якщо пил становить певну цінність і може бути використаний для корисних цілей, що повністю або частково окупає витрати на очищення повітря).

Проте наявні пристрої систем аспірації на даний час морально застаріли та технічно зношені і вже не в змозі забезпечити належний ступінь очистки повітря від пилу. Виникло протиріччя: з одного боку - суттєво мають бути підвищені потенційні можливості систем очистки, з іншого боку - зросли труднощі у реалізації цих можливостей внаслідок експлуатаційних можливостей апаратури. Ускладнення систем пилоочистки при одночасному підвищенні вимог щодо ефективності їх роботи вимагає прийняття певних мір по розробці вискоефективних апаратів пиловловлення [7].

Кількість пилу, що відходить від транспортного та технологічного устаткування, дорівнює сумарній кількості пилу, що надходить у пиловловлювачі аспіраційних та пневмотранспортних установок, які обслуговують це обладнання [4].

Встановлено також, що на запиленість повітря виробничих приміщень підприємств галузі, впливає герметизація транспортного і технологічного обладнання, конструктивне виконання, стан і режими роботи робочих органів обладнання, наявність, режими і ефективність роботи аспіраційних систем, культура виробництва.

Розроблені нові види обладнання і методика інженерного розрахунку знепилюючих систем виробничих приміщень хлібоприймальних і борошномельних підприємств, які дозволили удосконалити системи охорони атмосферного повітря. Оцінена їх еколого-економічна ефективність.

Відповідно до цього розроблено новий удосконалений пристрій для відокремлювання домішок з повітряного середовища, у якому шляхом введення циклонного пристрою на вході повітряного потоку завантажувального карману циліндричного корпусу, додатково забезпеченого насипною фільтрувальною зернистою засипкою з шнеком і привідним механізмом для її переміщення, забезпечено практично повне відокремлювання домішок від газів, підвищена надійність при експлуатації, та ефективність очистки газових викидів від забруднювальних речовин [1].

Зернопереробні підприємства використовують також воду питної якості на виробничі потреби (мийка зерна у мийних машинах, обробка зерна у машинах мокрого луцення, апаратах і машинах для зволоження зерна, для охолодження вальців вальцьових верстатів і для обробки повітря у кондиціонерах), господарсько-побутові цілі і пожежогасіння.

На мукомельном заводі з комплектним обладнанням продуктивністю 500 т/добу витрати води на виробничі потреби становлять близько 10 м<sup>3</sup>/год, а на господарські-побутові - до 0,3 м<sup>3</sup>/год. Нами встановлено, що витрата води на мийку зерна становить близько 3 дм<sup>3</sup>/кг зерна. Разом з тим витрати води визначається якістю оброблюваного зерна.

У стічних водах після миття зерна і машин мокрого луцення містяться частинки органічного і мінерального походження, зважені і розчинні речовини, мікроорганізми. Ці води фільтрують через сита у спеціальних сепараторах, мокрі відходи віджимають, просушують і використовують для кормових цілей. Ступінь очищення води від домішок становить не більше 55%. Вода виводиться у каналізаційну мережу для подальшого очищення і знезараження в очисних спорудах стічних вод до встановлених водоохоронних норм.

Унаслідок виконання роботи нами вирішені наступні задачі:

- уточнено склад забруднень і обсяг виробничих стічних вод зернопереробних підприємств;
- установлені кінетичні закономірності процесів осадження і фільтрування для різних способів очистки, видів відстійників і характеристик фільтрувальних матеріалів;
- визначені режими процесів осадження і фільтрування, які забезпечують задану ступінь виділення зважених речовин.

Установлено, що при річному об'ємі витрат води на технологічні потреби, які становлять 0.3...3.0 тис. м<sup>3</sup> – для мукомельних і круп'яних заводів, 20...200 м<sup>3</sup> – для елеваторів і хлібоприймальних підприємств, стічні води насичені забрудненнями у десятки разів перевищуючими допустимий санітарними нормами рівень їх концентрації.

До складу забруднень стічних вод входять мінеральні частинки, приблизно 30%. Важко виділяючі частинки розміром менше 0.25 мм досягають 25% від загального обсягу забруднень. Окисляємість стічних вод значно більша величини БСК, що затруднює використання біохімічних методів очистки.

На підставі аналізу використовуваних методів очистки стічних вод промислових підприємств виявлено відсутність ефективних методів очистки стічних вод зернопереробних підприємств, а також те, що існуючі методи для них є неприйнятними у зв'язку з експлуатаційною складністю, недостатньою надійністю і низькою ефективністю очистки.

Найбільш раціональним загальним підходом до очищення стічних вод є спочатку встановити достатній рівень вилучення забруднення, а потім вирішити чи використовувати очищену воду знову (замкнені цикли водови-користання при належній класифікації води), чи скидати її в гідросферу (в більшості випадків за умови неможливості повторного використання).

З метою підвищення ефективності очищення виробничих стічних вод і уловлювання забруднювальних речовин, нами також розроблена низка обладнання (фільтри, гідроциклони, дискові біологічні фільтри).

У системі заходів з охорони навколишнього середовища підприємств галузі хлібопродуктів, важливе місце займає також проблема відходів. У процесі підготовки зерна до переробки утворюються відходи різних категорій, у тому числі значна кількість цінних кормових і особливо «непридатних» відходів. Перспективним напрямком є використання відходів для виробництва нових продуктів і більш повне використання природних ресурсів. Для цього запропоновано більш ефективні методи їх використання.

#### Список літератури

1. А. С. 1599044 СССР, МКИЗ В 01 D 21/00. Устройство для отделения примесей. /М.М. Зацерклянный, В.О. Путинцев, Т.Б. Столевич и В.А. Квантидзе (СССР) - №4603232/31-26; заявл. 09.11.88; опуб. 15.10. 90 .Бюл. №38.
2. Батлук В.А. Наукові основи створення високоефективного пиловловлюючого обладнання /Дис. д-ра техн. наук: 05.05.02. – Львів: НУ "Львівська політехніка", 2001. – 370 с.
3. Бондарев Г.К. Исследование циклонов с целью улучшения обеспыливания воздуха на зерновых элеваторах /Авт дис. канд. техн. наук: 05.02.14. – Одесса: "ОТИ", 1974. – 12 с.
4. Гопанюк О.І. Правила проектування аспіраційних установок підприємств по збереженню та переробці зерна / Укладачі Є.А. Дмитрук, О.І. Гапонюк та інші. – Київ, Одеса: Друкарський дім, 1995. – 131 с.
5. Дзядзио А.М. Вентиляционные установки зерноперерабатывающих предприятий. (Изд, 3-е, доп. и перераб.). Под ред. д-ра техн. наук проф. А.М. Дзядзио. – М.: Колос, 1974. – 400 с. (А.В. Панченко, А.М. Дзядзио, А.С.Кеммер, Л.И Котляр, Г.Ф. Костюк).
6. Дмитрук Е.А. Борьба с пылью на комбикормовых заводах – М.: Агропромиздат, 1987. – 85 с.
7. Шмандій В.М., Клименко М.О., Голік Ю.С., Прищепка А.М., Бахарев В.С., Харламова О.В. Екологічна безпека: Підручник. - Херсон: Олді-плюс, 2013. – 366 с.

## ПОТЕНЦІАЛ БІОТЕХНОЛОГІЧНОЇ УТИЛІЗАЦІЇ ПОЛІМЕРНИХ ВІДХОДІВ

Соколова В.І., аспірантка  
Одеська національна академія харчових технологій

Щороку в Україні утворюється понад 13 млн. тонн ТПВ, більше 95% з яких спрямовується на полігони та звалища. Більше 15% об'єктів захоронення відходів перенавантаженні та не відповідають санітарним нормам.

Починаючи з 2000-х років, керівництвом держави було ухвалено низку законодавчих і нормативно-правових актів, спрямованих на систематизацію політики в галузі поводження з відходами та досягнення двох цілей, які полягають у зменшенні негативного впливу на навколишнє середовище й підвищенні ефективності використання ресурсів та енергії. Закон України «Про відходи» зі змінами і доповненнями та нещодавно затверджена Програма поводження з твердими побутовими відходами спрямовані на розвиток технологій переробки й мінімізацію обсягів утворення відходів. Закон забороняє викидати неперероблені відходи на полігони, починаючи з 1 січня 2018 року.

Відповідно до Угоди про асоціацію між Україною та ЄС необхідним є виконання багатьох умов, серед яких найважливішим є досягнення показників роздільного збирання відходів і переробки на рівні 60 та 50% від загального обсягу твердих побутових відходів відповідно[1].

В якості найбільш перспективного напрямку переробки твердих побутових відходів розглядається біотехнологія, основними завданнями якої є:

- збереження цілісності навколишнього природного середовища, його стабільності, стійкості, використання екологічно безпечних біотехнологічних методів у певних галузях господарської діяльності;

- широке запровадження методів біодеградації твердих і рідких комунальних та промислових відходів;

- використання засобів біологічного очищення побутових і промислових стічних вод на базі іммобілізованих фільтрувальних систем, біофільтрів;

- налагодження виробництва альтернативних видів біопалива;

- уведення корисних біодобавок у продукцію харчової промисловості тощо [2].

Біотехнологічний підхід до вирішення проблеми утилізації твердих побутових відходів дає змогу комплексно вирішити питання, що виникають у різних галузях економіки та екології і пов'язані з охороною навколишнього середовища. Серед них можна виділити компостування, аеробне зброджування, анаеробне зброджування та вермікомпостування.

Вермікомпостування – є одним із найперспективнішим методом, який вже давно використовується при утилізації органічних відходів. Але нещодавно вчені Стенфордського та Пекінського університетів, провівши сумісно низку дослідів дізнались що личинки борошняного хробака здатні перетравлювати полімерні речовини [3]. Також, відомими є випадки, коли відбувалась біодеградація пластику в організмі тварини [4].

Результати дослідів показали, що при відсутності звичайного харчування, борошняні хрущаки віддають перевагу поліпропілену. При цьому, кількість особин зменшується не суттєво, а наступні покоління стають більш стійкими до такого харчування. В процесі життєдіяльності хрущаки виділяли біогаз та залишкові біодеградовані фрагменти пластику [3]. Це відкриває перед дослідниками новий напрям розвитку безпечного керування полімерними відходами та дає змогу поліпшити проблему зберігання та захоронення відходів на полігонах твердих побутових відходів.

Літературні джерела:

1. Тверді побутові відходи в Україні: потенціал розвитку. Сценарії розвитку галузі поводження з твердими побутовими відходами [Текст]: звіт / IFC, Група Світового банку. – Київ, 2015. – 114с.
2. Горова А.І. Біотехнології в екології [Текст]: навч. посіб. / А.І. Горова, С.М. Лисицька, А.В. Павличенко, Т.В. Скворцова. – Дніпропетровськ: НГУ, 2012. – 184с.
3. Wu, W. Rapid biodegradation of plastics by mealworms (larvae of *Tenebrio molitor*) brings hope to solve wasteplastic pollution / Wu, W.; Yang, S.; Brandon, A. M.; Yang, Y.; Flanagan, J. A.; Fan, H. Q.; Cai, S. Y.; Wang, Z. Y.; Din, L. Y.; Daliang, N.; Yang, J.; Ren, J.; Tao, H. C.; Phillips, D.; Ren, N. Q.; Zhou, J.; Waymouth, R.; Criddle, C. S. // American Geophysical Union, Fall General Assembly 2016, abstract id. H24A-03
4. Narancic T., Kevin E. O'Connor Microbial biotechnology addressing the plastic waste disaster / Narancic T., Kevin E. O'Connor // Microbial biotechnology. Volume 10. - 2017 p. 1232–1235

*Науковий керівник: д.т.н., проф., Крусір Г.В.  
Одеська національна академія харчових технологій*

**УДК 628.472.3:502.13**

## **МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ЗВАЛИЩ ТПВ**

**Сагдєєва О.А., здобувач  
Одеська національна академія харчових технологій**

Управління відходами залишається однією із пріоритетних сфер діяльності та екологічної безпеки розвинених країн у двох основних контекстах: охорона довкілля та збереження ресурсного потенціалу. Аналітичним оглядом концептуальних питань з управління екологічною безпекою звалищ ТПВ, встановлено, що на сьогодні відсутня концепція побудови системи управління екологічною безпекою звалищ, яка базується на врахуванні основних вхідних, вихідних та ризикових екологічних аспектів. Тому оцінку та прогнозування рівнів екологічної небезпеки звалищ ТПВ варто реалізовувати із застосуванням методів індексної оцінки екологічної небезпеки, що надасть змогу класифікувати місця складування ТПВ з урахуванням комплексності їх впливу на компоненти довкілля.

Звалище твердих побутових відходів у районі Дальницьких кар'єрів (полігон ТПВ-1 «Дальницькі кар'єри»), розташованого в 9 км на захід від Одеси, є основним полігоном твердих побутових відходів у місті. За даними Департаменту екології та розвитку рекреаційних зон Одеської міської ради протягом року на звалище ТПВ-1 потрапляє більше 2,1 млн. м<sup>3</sup> відходів з міст Одеси, Чорноморська та прилеглих до них населених пунктів. Звалище ТПВ-1 в місті Одесі є одним із типових українських звалищ, які, як правило, експлуатуються з мінімальним впровадженням екологічних заходів. Всі муніципальні відходи м. Одеси без попереднього сортування зберігаються на звалищі, що є потенційним джерелом інтенсивного забруднення атмосфери, підземних вод (і в цілому загрози епідемічному стану) та потребує вдосконалення процесу зберігання відходів.

Враховуючи, що джерела негативного впливу, екологічні аспекти звалищ, об'єкти довкілля, на які вони впливають, становлять єдину взаємопов'язану систему предметів і явищ у природно-техногенному середовищі, сформовано механізм формування екологічної небезпеки звалищ ТПВ, що відображено на рис. 1.

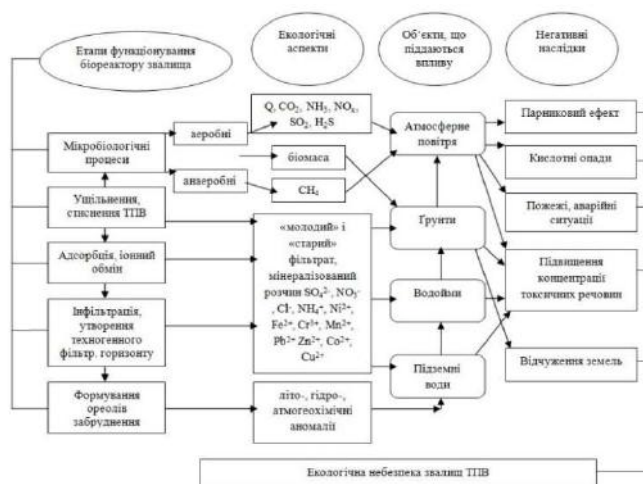


Рис. 1. Механізм формування екологічної небезпеки звалища

З використанням особливостей запропонованого механізму (рис. 1) методом структурно-логічного аналізу визначена загальна концепція оцінки рівня екологічної небезпеки звалища ТПВ, згідно якої ідентифікація джерел негативного впливу звалищ на об'єкти довкілля має бути здійснена на основі аналізу всіх технологічних процесів та їх класифікації згідно ступеня впливу. Ідентифікація та оцінка екологічних аспектів реалізується з використанням експертного методу.

Для оцінки рівня екологічної небезпеки та класифікації підприємств, об'єктів та джерел негативного впливу на навколишнє середовище, в тому числі звалищ ТПВ, з метою їх подальшого врахування запропоновано зведений комплексний індекс екологічної небезпеки  $Z$ :

$$Z = D + iR, \quad (1)$$

де  $D$  – індекс небезпеки для природних середовищ у умовах штатної роботи,  $iR$  – індекс небезпеки об'єкта в умовах надзвичайної ситуації.

Розраховані значення індексів  $D$  та  $R$  дозволяють віднести звалище до IV групи небезпеки ( $1 < D < 4$ ,  $1 < R < 2$ ), як об'єкт, що формує значну екологічну небезпеку для навколишнього середовища як в штатному режимі роботи, так і в разі надзвичайної ситуації.

Значення індексів  $D$  та  $R$  дозволяють обґрунтувати доцільність впровадження техніко-технологічних заходів з управління екологічною безпекою. Базуючись на результатах детального аналізу умов формування екологічної небезпеки звалищ ТПВ з використанням запропонованої методики оцінки рівня екобезпеки розроблено алгоритм управління екологічною безпекою.

У практиці оцінки рівня екологічної небезпеки, як правило, застосовуються методи оцінки екологічного ризику. Метод комплексної екологічної оцінки природно-техногенних комплексів на основі MIPS-аналізу і ризик-аналізу є одним з нових підходів оцінки рівня екологічної безпеки техногенного об'єкта. До показника MIPS застосовують ті ж вимоги, що і до інших форм екологічного обліку, а саме: для підвищення значимості та достовірності його визначення необхідно враховувати повний життєвий цикл продукції і всі типи екологічних аспектів (вхідні, вихідні й ризикові, рис. 2).

До основних стадій життєвого циклу звалища ТПВ відносяться період роботи полігону, який триває 15-20 років, за які відбувається заповнення потужностей полігону відходами; стадія біореактору – період після закриття полігону до часу загасання біохімічних процесів в звалищному тілі; період адаптації полігону до навколишнього середовища.



Рис. 2. Екологічні аспекти звалища ТПВ

За результатами проведеного аналізу обґрунтовано необхідність удосконалення методологічних підходів щодо комплексної оцінки та прогнозування впливу звалищ ТПВ на компоненти довкілля. Наведені методологічні підходи є теоретичним базисом для проведення експериментальних досліджень та розробки комплексу техніко-технологічних рішень з управління екологічною безпекою звалищ ТПВ.

1. Ali Rajaeifar M. Data supporting the comparative life cycle assessment of different municipal solid waste management scenarios./ M. Ali Rajaeifar, M. Tabatabaei, H. Ghanavati // Data Brief. – 2014. – Vol. 20. – P. 189–194.

2. Козуля Т.В. Система підтримки прийняття екологічного рішення в умовах концепції MIPS і новітніх технологій екологічного аналізу [Текст] / Т.В. Козуля, Д.І. Ємельянова // Вісник Херсонського національного технічного університету. – 2010. – № 2 (38). – С. 285–293.

3. Крусір Г. В Особливості застосування індексних показників при оцінці рівня екологічної небезпеки промислових підприємств [Текст] / Г.В. Крусір, І.Ф. Соколова, Г. В. Кіріяк // Міжнародна наукова конференція, присвячена 130-річчю Національного університету харчових технологій «Нові ідеї в харчовій науці – нові продукти харчовій промисловості». – Київ. – 2014.– С. 717.

*Науковий керівник –*

*Крусір Г.В., д.т.н., професор, Одеська національна академія харчових технологій*

**УДК 332.142.6**

## **ВАЖНОСТЬ УПРАВЛЕНИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ БУДУЩЕГО РАЗВИТИЯ**

**Ганыч А. И., Терземан В. В.**

**Колледж нефтегазовых технологий, инженерии и инфраструктуры сервиса  
Одесской национальной академии пищевых технологий**

За последние 16 лет над плотно населенными территориями Северной Америки и Европы содержание озона уменьшилось в среднем на 3 %. Рассчитано, что каждый процент уменьшения озонового слоя приводит к увеличению числа заболеваний раком кожи на 5-7 %. Научно-техническая революция превратила многие проблемы — экономические, продовольственные, демографические — из чисто национальных или региональных в проблемы глобальные.

Если современные тенденции развития земной цивилизации будут сохраняться и дальше, то миру угрожает: отравление воздуха, воды и почвы ядовитыми отходами промышленных и сельскохозяйственных предприятий; острый недостаток чистой пресной воды, а возможно и кислорода; нехватка продуктов питания вследствие перенаселенности планеты и эрозии почвы; истощение минеральных ресурсов и энергетический голод; нарушение биологического и климатического равновесия в природе.

Интенсивное развитие мировой экономики оказывает существенное влияние не только на экологию планеты, но и на состояние природных ресурсов.

Проблема исчерпания запасов органического топлива затрагивает многие страны мира. В настоящее время потребность стран мира в нефти составляет примерно 77 млн баррелей в день.

Управление природопользованием - это деятельность государства по организации рационального использования и воспроизводства природных ресурсов, охране окружающей среды, а также обеспечение законности в эколого - экономических отношениях.

В хозяйственной практике закономерности природопользования реализуются с помо-

щью частных принципов, таких как научность, оптимальность, региональность, комплексность, платность, адекватность.

Особенно необходимо остановиться на принципе адекватности.

Структура, конструкция, конфигурация, форма, строение системы должны быть адекватны достигаемым целям. Например, производство с некачественным оборудованием и с некомпетентными сотрудниками не сможет снизить негативное воздействие на окружающую среду, а непродуманная экономическая политика производства не позволит повысить экономическую эффективность деятельности предприятия.

Управление природопользованием и охраной окружающей среды осуществляется на основе ряда методов. Под методами управления понимаются способы государственного воздействия на поведение и деятельность управляемых. Основными методами являются административные (прямой приказ, обеспечиваемый возможностью государственного принуждения), экономические (создание условий экономической заинтересованности организаций и трудовых коллективов в выполнении требований законодательства и управленческих решений). Если для первых характерными являются отношения власти и подчинения, то для вторых - экономическое стимулирование их деятельности по рациональному использованию и охране природных ресурсов и окружающей природной среды в целом.

Для решения экологических проблем западными учеными предлагаются разные модели управления природопользованием. Теоретическую основу их разработок определяют две главные политэкономические школы — неоклассическая и неокейсианская. В концепции первой преобладает рыночное, а во второй — государственное регулирование.

Наиболее приемлемой оказалась неокейсианская модель. Она не только выражает интересы капитала, но и во многом отвечает общечеловеческим ценностям сохранения окружающей среды, способствует обобществлению природопользования и социализации природы.

*Научный руководитель:*

*преподаватель высшей категории цикловой комиссии*

*«Прикладная экология» КНТИИС ОНАПТ Березовская Л.В.*

УДК 628.32

## ШЛЯХИ ТА МЕТОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ

**Ладан А.А. студентка, Столевич Т.Б. к.т.н., доц.  
Одеський національний політехнічний університет**

Відновлення та покращання існуючих систем забезпечення питною водою пов'язано із великими фінансовими затратами і, навіть, якщо такі фінансові ресурси у державі були б, то робота потребує для її здійснення тривалого часу. Отже вирішення глобально цієї проблеми для країни практично не реально найближчим часом, враховуючи ще її стан економічного розвитку.

Напевно єдине вірне рішення проблеми полягає у тому, що капітальні вкладення доцільно спрямувати на розвиток нових, а також переоснащення діючих систем централізованого водопостачання та водовідведення для їх надійного функціонування.

Для забезпечення потреб населення високоякісною питною водою достатньої кількості для пиття і приготування їжі, необхідно впроваджувати сучасні системи водопостачання комплексно як із централізованих систем водопостачання і водовідведення, так із підземних і поверхневих джерел.

Сьогодні існують принаймні три основних шляхи вирішення проблеми питної води в Україні: це виробництво фасованої або бутильованої води контрольованої високої якості, ви-

користання індивідуальних доводоочищувачів (фільтрів) та впровадження групових і локальних водоочисних установок.

У літературі описуються різні методи доочистки води і, на жаль, не завжди подаються об'єктивні дані про корисність різних методів обробки питної води.

Справжня природна питна вода – це вода яка створена природою, має у своєму складі всі необхідні мікро- і макроелементи в оптимальному, самоорганізованому стані, завдяки чому така вода має власну біоенергетику, є живою системою, неподільною або несепарабельною, максимально відповідає по основним характеристикам воді організму людини. Таку воду, по суті, не потрібно доочищати, достатньо таку воду із-під землі (свердловина) пропустити через пісочний фільтр і забезпечити необхідну стерильність води шляхом озонування або УФ опромінення.

Природні (сорбційні) фільтри (пісок, активоване вугілля, кераміка) використовуються як правило для того, щоб у воду не потрапляли домішки, які вода може отримувати на своєму шляху із підземного джерела на поверхню, де вона має розливатись у пляшки.

Механічні фільтри – це саме прості фільтри. У залежності від розмірів пор їх розділяють на мікрофільтри, які затримують великі нерозчинні частинки і ультрафільтри.

Обернено осмотичне фільтрування – це процес повної очистки води від будь-яких мікроорганізмів, мінералів і мікроелементів, окрім кисню. Ступінь очистки досягає 98%. У результаті, після системи оберненого осмосу, отримується свіжа, смачна, настільки чиста вода, що вона не потребує додаткового кип'ятіння.

Проте вода, яка пройшла обробку обернено-осмотичним фільтром, втрачає свою природну структуру, природну біоенергетику і властивості живої системи. Вода, яка пройшла глибоку очистку, при потрапленні її в організм людини, старається повернути собі хімічні елементи яких не вистачає, тобто „забирає” їх із організму. Обернено осмотична вода має показник загальної мінералізації нижче 0,1 г/л.

Таку обернено-осмотичну воду слід вживати дозовано, оскільки вона є фізично неповноцінною через порушену структурну упорядкованість. Якщо після фільтру оберненого осмосу, воду пропустити через керамічний фільтр або настоювати на природних мінералах, можливо відновити структурну упорядкованість води.

Вода з дуже низьким вмістом солей не придатна для постійного вживання людиною і навіть є агресивною по відношенню до її організму.

Доказано, що обернено осмотична вода вимиває із організму мікроелементи необхідні для нормальної життєдіяльності; негативно впливає на активність гормонів, тісно зв'язаних з регуляцією водного обміну в організмі: зменшує число червоних кров'яних тілець; сприяє зневодненню організму; викликає швидку стомлюваність, слабкість і головну біль з наступним порушенням серцевого ритму.

Знесолену воду не слід давати дітям, вагітним жінкам, людям похилого віку.

Вживання води збідненої мінеральними речовинами, негативно впливає на гомеостаз організму людини, обмін мінеральних речовин і води, підсилює виведення рідин із організму.

Екологічні дослідження показали, що населення, яке вживало питну воду із малим вмістом мінеральних речовин піддавалось ризику багатьох захворювань.

Вода з малою мінералізацією нестабільна і як наслідок проявляє високу агресивність по відношенню до мінералів із якими вступає у контакт. Ця вода легше розчиняє метали і деякі органічні компоненти труб, накопичувальних танкерів, емностей, шлангів тощо і, таким чином, додатково забруднюється різними токсичними елементами.

Людина, яка вживає питну воду збідненою мінеральними речовинами, завжди більше піддається ризику впливу токсичних речовин, ніж та яка вживає воду середньої жорсткості і мінералізації.

Всесвітня організація охорони здоров'я рекомендує вживати воду як питну з мінералізацією не менше 100 мг/л. Крім цього, прийнято вважати оптимальною мінералізацію 200-400 мг/л для хлоридно-сульфатних вод і 250-500 мг/л для гідрокарбонатних вод.

Міжнародні і національні організації, які відповідають за якість питної води, повинні

розглядати рекомендації по обробці демінералізованої води, обов'язково визначати мінімальні значення мінералізації концентрацією йонів кальцію і магнію.

Впровадження групових або локальних доводоочисних установок може проводитись кількома способами. Перший із них передбачає встановлення таких установок у певних, наперед визначених місцях міста (це можуть бути бювети або свердловини), звідки через систему бюветів чи іншим шляхом вода розподіляється населенню.

Інший спосіб полягає у встановленні локальних водоочисних установок у багатоповерхових будинках. Доцільно при побудові багатоповерхових будинків будувати додаткову водопровідну мережу до кожної квартири лише для подачі води для пиття сирого чи приготування їжі. Такий підхід застосовується у світовій практиці.

Третя можливість передбачає використання установок у громадських місцях, лікарнях, школах, дитячих дошкільних закладах, тобто там де потрібна велика кількість якісної води.

Саме використання групових та локальних установок доочистки води є одним із найбільш ефективних і економічних способів забезпечення населення мінімально достатньою кількістю високоякісної питної води для пиття та приготування їжі.

Сьогодні при оцінці якості питної води враховуються лише хімічні і мікробіологічні властивості, яких явно недостатньо для кількісної характеристики якості питної води, зокрема наскільки конкретна питна вода зберігає, після всякого втручання у процес доводопідготовки людиною, природну біоенергетику, яка внутрішня структура води і відповідність її будови структурі всього живого на Землі, у тому числі і людини.

Питна вода, яка максимально сьогодні відповідає властивостям внутрішньоклітинної води – це вода найвищого критерію якості.

Сьогодні, з допомогою стандартизованих приладів, необхідно визначити ряд фізичних характеристики питної води, зокрема визначити наявність структурної упорядкованості води. В Україні вчені Інституту фізики НАНУ у співпраці з Українським інститутом екології людини розробили методики дослідження якості питної води за допомогою фізичних вимірювань і розроблено оригінальний „Екологічний паспорт про якість питної води”, який поступово буде впроваджуватись у практику.

Отже, якщо фасована питна вода або навіть природна джерельна вода має відповідний санітарно-гігієнічний і екологічний паспорт якості, то така питна вода відповідає найвищому критерію якості і є питною водою для гарантованого збереження здоров'я людини.

Узагальнюючи вищевикладене, підкреслимо, що ситуація із питним водопостачанням і якістю питної води, як в окремих регіонах, так і у цілому в Україні потребує прийняття екстрених заходів, що спрямовані на відновлення якісного централізованого водопостачання. Оновлений закон України, про виконання Загальнодержавної Програми „Питна вода України”, буде сприяти забезпеченню населення країни якісною питною водою та розпочати поступову комплексну модернізацію, оновлення всього водопровідно-каналізаційного господарства України.

**УДК: [504.062.2:613.7:379.85](477.84)**

## **РЕКРЕАЦІЙНІ РЕСУРСИ ТЕРНОПІЛЬЩИНИ**

**О.С. Струнова, магістр<sup>1</sup>, Нікіпелова О.М., д. хім. н., професор<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Одеський державний екологічний університет, м. Одеса

<sup>2</sup> ДУ «Український науково-дослідний інститут медичної реабілітації та курортології МОЗ України», м. Одеса

Одним з головних завдань «Стратегії сталого розвитку туризму та курортів на період до 2026 р.», яку схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 березня 2017р.

№ 168-р, є забезпечення ефективного і комплексного (економічного, соціального, екологічного та інноваційного) використання наявного туристичного та курортно-рекреаційного потенціалу шляхом розв'язання проблеми рекреаційного природокористування і охорони навколишнього природного середовища та удосконалення територіальної структури сфери туризму та курортів з метою розвитку туристичних територій, брендингу територій.

Тернопільська область за територією належить до невеликих областей України і займає 23 місце серед них, але за наявним природним потенціалом і багатством архітектурної спадщини має одні з найвищих показників серед регіонів. Природні рекреаційні ресурси у Тернопільській області в цілому сприятливі для відпочинку населення і представлені всіма видами: кліматичні, ландшафтні, курортологічні, ресурси поверхневих та підземних вод.

Клімат Тернопільщини помірно континентальний, проте дещо вологіший, ніж у східних областях України. Радіаційний режим залежить від висоти сонця, тривалості дня та сонячного саява, пов'язаних з географічною широтою. Оскільки область витягнута з півночі на південь майже на 200 км, то вона нагрівається нерівномірно: північна її частина отримує менше тепла, південна – більшу.

Тернопільщина має для розвитку рекреації одні з найкращих в Україні умови: вигідне геополітичне становище та унікальні у європейському і світовому масштабах культурні і природні об'єкти.

Окрім цього, область належить до тих регіонів України, в яких найбільше у кількісному відношенні пам'яток природи, культури, історії та архітектури у т. ч. 634 об'єкти природно – заповідного фонду, з них: природний заповідник „Медобори”, національні природні парки „Кременецькі гори” і „Дністровський каньйон”, 13 парків-пам'яток садово-паркового мистецтва, 1 ботанічний сад, 9 дендропарків та ряд інших заповідних територій та об'єктів.

З урахуванням рекреаційного потенціалу районів в межах Тернопільської області можливо виділити чотири рекреаційних райони: Західний, Північний, Центральний та Південний.

Курортологічні ресурси області базуються на природних джерелах мінеральних вод та сприятливих мікрокліматичних умовах в межах Збручанської, Гусятинської, Буцацької, Скала-Подільської та Теревовлянської курортних рекреаційних зон.

Згідно з постановою Кабінету Міністрів України від 15 грудня 1997 року № 1391 „Про внесення змін до переліку населених пунктів, віднесених до курортних”, у Тернопільській області до курортних віднесено такі населені пункти: смт. Скала-Подільська Борщівського району, с. Скоморохи Буцацького району, смт. Гусятин Гусятинського району, смт. Микулинці та с. Конопківка Теревовлянського району.

Курортологічні ресурси області розташовані в межах Волино- Подільського артезіанського басейну. Головними природними лікувальними ресурсами Тернопільської області є мінеральні води. Впродовж 2002-2008 рр. в Українському НДІ медичної реабілітації та курортології проведено науково-експериментальне обґрунтування ефективності та безпечності природних лікувальних ресурсів, за результатами яких було надано 12 сучасних медичних (бальнеологічних) висновків: 7 — стосовно мінеральних столових вод, 1 — щодо лікувально-столової води. Свердловинами, що розкрили водоносні горизонти й комплекси, було отримано мінеральні води широкого спектра мінералізації — від 0,59 до 19,06 г/дм<sup>3</sup> та різного хімічного складу. Таким чином, в Тернопільській області виділяються наступні типи мінеральних вод: без специфічних компонентів та властивостей, сульфідні води, води з підвищеним вмістом органічних речовин та розсоли.

Санаторне лікування в області здійснюється у ряді санаторіїв, з них: Бережанський обласний комунальний дитячий гастроентерологічний санаторій „Золота липа”, Заліщицький обласний комунальний дитячий санаторій, Яблунівський обласний комунальний дитячий протитуберкульозний санаторій, Кременецький обласний комунальний дитячий психоневрологічний санаторій, санаторії „Збруч”, „Барвінок”, „Медобори”, „Веселка”.

Висновки: Аналіз сучасного стану рекреаційних ресурсів Тернопільської області свідчить про постійний контроль за екологічним станом території та природних рекреаційних ресурсів, що дозволяє здійснювати рекреаційну діяльність.

Перелік інформаційних джерел:

1. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Тернопільській області у 2016р.— Тернопіль: 2017р./ під керівництвом Сінгалевич О. В., Управління екології та природних ресурсів Тернопільської обласної державної адміністрації
2. Мінеральні води України/ За редакцією Е. О. Колесника, К. Д. Бабова,— К.: Купріянова, 2005.—576с.
3. Пушкар З. Рекреаційне районування Тернопільської області/ З. Пушкар, Б. Пушкар// Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Географія. —2013. — №2. — с.153-164.

*Нікіпелова Олена Михайлівна, доктор хім. наук, професор,  
ДУ «Український науково-дослідний інститут медичної  
реабілітації та курортології МОЗ України»,  
заступник директора з наукової роботи*

**УДК 621.73**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВИКОРИСТАННЯ ОПАЛОГО ЛИСТЯ В ЯКОСТІ ВІДНОВНОГО РЕСУРСУ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА**

**Фарина А. М.**

**ДВНЗ «Криворізький національний університет»**

Зростаючі темпи урбанізації і техногенного впливу на всі компоненти навколишнього середовища, є передумовами виникнення певних специфічних екологічних, і як наслідок, економічних проблем різної складності та масштабу. Однією з таких проблем, є питання поводження з опалим листям (ОЛ) на території великих індустріальних міст в осінній період.

Метою наукової роботи є: дослідження методів використання опалого листя в якості відновлюваного ресурсу для створення твердого біопалива. Для досягнення цієї мети були поставлені та вирішені наступні задачі дослідження:

проведені аналітичні дослідження з розробки методів використання опалого листя;

проаналізовані різновиди та кількість опалого листя в якості відновлюваного ресурсу для створення твердого біопалива;

виконані еколого-економічні розрахунки для запропонованих видів твердого біопалива на основі опалого листя;

обґрунтуванні результати проведених розрахунків.

Об'єктом дослідження є: опале листя в якості відновлюваного ресурсу для створення твердого біопалива.

Предметом дослідження є: виготовлення брикетів з опалого листя.

Для проведення дослідження використовувались такі методи:

1. аналітичний огляд літератури з даної теми;

2. математичні розрахунки за загальноприйнятими методиками розрахунку теплоємності та розрахунки собівартості за загальноприйнятими методиками;

В даній роботі пропонується розглянути 3 варіанти використання ОЛ, як відновного ресурсу для створення брикетів типу «Nestro»:

Варіант №1 «Leaves and paper». Основні інгредієнти, що використовувались для створення брикетів: листя – 300 г; макулатура – 150 г; тирса – 250 г; вода – 1,5 л.

Варіант № 2 «Leaver and cowhumus». Основні інгредієнти, що використовувались для

створення брикетів: листя – 300 г; солома – 100 г; коров'ячий гній – 2500 г; вода – 1 л.

Варіант № 3 «Leaver and celluloseglue». Основні інгредієнти, що використовувались для створення брикетів: листя – 600 г; целюлозний клей – (суміш води 1,5 л та сухого клею 100 г). [2, 3]

Розрахунок витрат для виготовлення брикетів: для варіанту № 2: листя – використовувалось 300 г. (безкоштовний відновний ресурс). Солома – використовувалось 100г. (якщо 1 кг коштує 5,00 грн. тоді необхідні 100 г. коштуватимуть 0,005 грн.). Коров'ячий перегній – використовувалось 2500 г. (якщо 1 кг коштує 0,3 грн тоді необхідні 2500 г коштуватимуть 0,75 грн.). Вода – використовувалось 1,0 л (якщо 1л. коштує 0,0052 грн. тоді необхідний 1,0 л коштуватиме 0,0052 грн.). Після виготовлення однієї партії отримуємо 12 брикетів вагою 20 г. Розрахуємо затрачені кошти для виготовлення однієї партії брикетів 0,005 грн. + 0,75 грн. + 0,0052 грн. = 0,7602 грн. Дізнавшись ціну затрачених коштів для однієї партії можливо дізнатись ціну 1 кг. брикетів, а саме: якщо з однієї партії отримуємо 12 брикетів вагою 20 г. тобто в сумі маємо 240 г. то 1 кг. брикетів коштуватиме  $0,7602 \cdot 4 = 3,0408$  грн. Тобто 1кг. коштуватиме 3 грн.

Розрахунок кількості брикетів для опалювального періоду: візьмемо для прикладу середній показник кількості кіловат/годин за один опалювальний сезон. Для приватного будинку площею 200 м.кв це в середньому 20 тис. кВт/год. Вид палива: брикети. В такому випадку розраховуємо кількість брикетів, яка знадобиться: орієнтовно 1 л. рідкого палива по калорійності еквівалентний 2 кг. пеллет. На практиці калорійність пелет трохи нижче, тому згідно з європейськими нормами їх вологість повинна бути не більше 12%, що в наших умовах не завжди дотримується (хоча вологість сильно підвищити не можна – пелети не будуть спресовуватися). Також в палетах є домішки низькокалорійних деревних фракцій (кора, гілки і ін.) і добавки типу соломи, лузги насіння і ін. [1]

Тоді приблизна витрата пеллет на опалення приватного будинку за опалювальний сезон з урахуванням ККД пеллетного котла 90-95% і більш високої вологості складе 9038 кг (збільшення витрати мінімум на 10% через підвищеної вологості) саме стільки брикетів в середньому потрібно для опалювального сезону. При ціні пелет 3000 грн./Т (ціну пелет взято для запропонованого варіанту №2 так, як його теплоємність найвища) загальні витрати складуть  $9,038 \cdot 3000$  грн. / Т = 27114 грн. В Україні опалювальний сезон триває приблизно 187 днів.

Розрахуємо середню кількість брикетів, яка витрачається за 1 день:  $9,038 \text{ т} / 187 \text{ днів} = 0.048$  тонни. А це 48 кілограм. Тому, виходить для того, щоб заповнити котел брикетами на цілу добу, потрібно мати котел із топкою, яка спокійно вміщує 48 кг брикетів. Але не забуваймо, що це розраховується для середньо статичного будинку із середньо статичним котлом. Тому слід окремо враховувати для кожного будинку його тепловитрати, та ККД самого котла. Логістичні витрати на доставку і збереження у витратах не враховано.

#### Результати роботи

Аналіз результатів досліджень з перероблення опалого листя в паливо свідчить, що з екологічної точки зору для використання більше підходить Варіант №3, так як для його виготовлення використовувалась більша кількість ОЛ. Якщо розглядати з точки зору економіки то найбільш вигідним є Варіант № 2. Якщо є безкоштовний доступ до рослинної галузі, то звичайно можна використовувати Варіант №1, адже для виготовлення 1 кг таких брикетів витрається всього 0,47 грн. і в результаті тепловіддача складе 3675 Ккал/кг. Але, якщо все ж таки є доступ до відходів тваринництва, то звичайно слід виготовляти брикети згідно варіанту №2, так звичайно для виготовлення 1 кг. таких брикетів буде витрачено 3,00 грн, але в результаті тепловіддача складе 4725 Ккал/кг, а отже і їх кількість, яка знадобиться для опалювального періоду зменшиться.

Промислове використання розробленої технології перероблення опалого листя в паливо дозволить вирішити проблеми поліпшення стану довкілля за рахунок утилізації опалого листя, а також використовувати новий вид палива, як для побутових умов, так і для промисловості, наприклад, як домішки до основного палива для котельних установок підприємств та

приватних будинків.

#### Література

1. Олефіренко О.М. Використання біопалива у житлово-комунальному господарстві як засіб підвищення еколого-енергетичної безпеки регіону, Механізм регулювання економіки, 2009, №4, Т.2.

2. Коваленко І.В. Технологія виробництва біопаливних брикетів / І.В. Коваленко, Е.Б. Литвинов, В.Н. Пономарьов // Тези всеукр. наук.-техн. конф. «Технологія», 2006.

3. Сорока М. Практичний довідник з виготовлення паливних брикетів розроблений групою активістів проекту GreenPeople природоохоронних інженерів Дніпропетровського відділення НЕЦУ, 2016.

*Науковий керівник: Кірієнко С. М., доцент, кандидат біологічних наук, ДВНЗ «Криворізький національний університет»*

## **ТЕХНОЛОГІЇ МІКОРИЗАЦІЇ САДЖАНЦІВ ДУБА ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ТРЮФЕЛЯ**

**Жалівців С.І.**

**Національний Університет «Львівська Політехніка»**

Культура вирощування трюфеля має різні актуальні аспекти: еколого-технологічний, гастрономічний, екологічний, лісогосподарський, економічний.

Еколого-технологічний аспект визначається умовами вирощування трюфеля як екологічно чистого продукту. Технології вирощування гриба унеможливають використання пестицидів, синтетичних мінеральних добрив, регуляторів росту, штучних харчових добавок, ГМО.

Гастрономічний і кулінарний аспект передбачає отримання рідкісної продукції, світового делікатесу, який цінується дуже дорого. Гурмани та кулінари по всьому світу погоджуються, що існує зовсім небагато продуктів, які можуть зрівнятися за смаковими враженням зі свіжим трюфелем.

Екологічний аспект полягає у збереженні і збільшенні видового біорізноманіття лісових екосистем. Трюфель занесений до Червоної книги України. Його вирощування можливе лише за наявності мікоризованих саджанців дуба, бука, граба – основних лісотвірних порід.

Лісогосподарський аспект обумовлює вирішення соціально-екологічних проблем лісгосподарського комплексу України на основі сучасних методів та біотехнологій мікоризації лісопосадкового матеріалу, що підвищить продуктивність лісів, збільшить їх екологічний потенціал, забезпечить отримання і реалізацію недревних ресурсів лісу.

Економічний аспект визначається високою ціною трюфеля, гастрономічної і кулінарної продукції на внутрішньому і зовнішньому ринках.

Мета роботи – вирощування мікоризованого трюфелем лісопосадкового матеріалу дуба звичайного.

Завдання:

- відпрацювання методик мікоризації лісопосадкового матеріалу в лабораторних, тепличних і польових умовах;
- відпрацювання методик контролю якості мікоризованих саджанців;
- порівняльний аналіз впливу мікоризних грибів на морфофізіологічні параметри дуба звичайного.

Трюфель – світовий делікатес, який цінується дуже дорого, його називають «чорним діамантом на столі». Незвичайний смак і складність культивування роблять ці гриби рідкісним і цінним продуктом.

Відпрацьовані технології мікоризації саджанців дуба доцільно застосувати для створення трюфельних плантацій.

Наявність мікоризи, її будова та інтенсивність розвитку на корінні сіянців дуба впливає на фізіологічні функції рослини. В однорічних і дворічних мікоризованих сіянців спостерігається тенденція до підвищення транспірації і посилюється функціональна активність кореневих систем за рахунок збільшення робочої поглинаючої кореневої поверхні. Крім цього, підвищується кількість хлорофілу в листі, фотосинтезуюча активність, біомаса рослини і загальна адсорбуюча поверхня коріння.

Завдяки препарату мікоризи відпад мікоризованої культури дуба звичайного зменшився на 15 %, що дало можливість підвищити схожість на 15–20% і пояснюється стимулюючою дією вітамінів, що виробляються мікоризними грибами.

Вирощений мікоризований лісопосадковий матеріал застосовано для створення біогруп на сільватизаційних та лісомеліоративних ділянках. Це дасть змогу ефективно використати три функції мікоризи: трофічну (забезпечення рослин якісним живленням і водою); гормонально-інформаційну (регулювання і сприяння плодоношенню); комунікаційну (здатність створювати складні екосистеми), що забезпечить ендоекогенетичну сукцесійну стадію лісомеліорації та збереження і збільшення біорізноманіття лісовідновлюваних територій.



Рис.1. Відпрацювання технології мікоризації лісопосадкового матеріалу поливом та підкореневими ін'єкціями у тепличних умовах.

Головними умовами для зростання трюфельів є теплий клімат помірної зони та змішаний ліс. Цим вимогам середня смуга України цілком відповідають, як і безліч лісистих зон в Іспанії, Португалії, на півдні Німеччини, а також у Хорватії, Франції, Італії. Знаходять ці гриби і на Тихоокеанському узбережжі США, в лісах Каліфорнії, в Австралії і Північній Африці, Алжирі, Марокко, Тунісі.

В Україні в дубових і букових лісах росте кілька видів трюфельів. Літній трюфель часто зустрічається на Закарпатті, Прикарпатті, Поділлі. Як стверджує М. Придюк, міколог з Інституту ботаніки, трюфелі можна знайти навіть навколо Києва. Всі вони занесені в Червону книгу. На жаль, культура трюфельів в Україні забута. Хоча, ще на початку минулого століття їх масово збирали в Україні і продавали у Францію.

#### Інформаційні джерела

1. Секрети вирощування трюфельів в домашніх умовах [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://sad.net.ua/sekrety-vyroshhuvannya-tryufeliv-v-domashnih-umovah> .
2. Харли Д.Л. Біологія мікоризи // Мікориза рослин. – М. –1983. –244 с.

3. Тарабрин А.Д. Влияние микоризы на поглощение фосфора сеянцами дуба. – Докл. АН СССР. – 1957. – Т. 112. – № 5. – С.98-105.

4. Капустяник В.Б., Мокрий В.І. Оптико-спектральні методи в науково-технічній експертизі: Практикум. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2004. –С.207.

*Науковий керівник: Мокрий В.І. доктор технічних наук,  
Національний Університет «Львівська Політехніка»*

**УДК 58.08; 664; 67.08**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ У ЯКОСТІ СУБСТРАТУ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ГРИБІВ ГЛИВИ ЗВИЧАЙНОЇ**

**Ключник Н.Ю.**

**Криворізький національний університет**

За останні роки виробництво грибів у світі збільшилось у два рази і досягло 8 млн. т. У багатьох країнах світу створено розвинену грибну індустрію. За останнє десятиліття завдяки досягненням технічного прогресу, розробленим сучасним технологіям вирощування та інтенсивній селекційній роботі середня врожайність грибів у ряді країн збільшилась з 4–6 до 30–40 кг/м<sup>2</sup> за цикл вирощування [1, 3, 8]. Проте розвиток промислового грибівництва в Україні стримується за відсутності сучасних комплексних технологій культивування, високоврожайних вітчизняних штамів їстівних та лікарських грибів, типових проектів споруд для культивування грибів та висококваліфікованих фахівців у цій галузі [2, 9, 10].

Вешенка (глива) представляє великий інтерес для вирощування через високу врожайність і відмінні смакові якості. При цьому не потрібні великі площі, матеріальні витрати мінімальні при високій рентабельності цілий рік.

Основа субстрату відходи с/г виробництва та лісопереробки (лушпиння соняшнику, відходи деревини та тирса), а також як стало відомо кавова гуща. В активному ритмі життя міста велику кількість людей починає свій ранок з чашечки кави. Тепер використана гуща корисна. Адже вона ідеально підходить для вирощування глив.

З огляду на, те що кава заварюється на високій температурі, гуща повністю стерилізована і готова до висаджування в неї грибів. Незаперечною перевагою кавовій гущі є велика кількість в ній мінералів і поживних речовин. Внесення гущі в субстрат для вирощування грибів прискорює розвиток міцелію, збільшує кількість одержаного врожаю. Грибний субстрат, що залишається після збору врожаю, багатий білками і є чудовим добривом.

Відходи рослинницької та харчової промисловості, хоча і не мають настільки небезпечного впливу на навколишнє середовище, як відходи важкої промисловості, проте їх накопичення викликає серйозні незручності, а при значному накопиченні і певну екологічну небезпеку.

В даний час гливу вирощують в культиваційних приміщеннях і у відкритому ґрунті в багатьох країнах світу. Так як для культивування гливи підходять практично всі рослинні відходи, то її можна з успіхом вирощувати не тільки в спеціалізованих господарствах у промислових масштабах, але і на присадибних і садових ділянках. Вирощені в штучних умовах гриби гливи - екологічно чистий продукт. В результаті проведеного дослідження вторинної сировини кавової гущі в якості субстрату для вирощування грибів доведено, що зольність макухи може досягати 3% та приносить у ґрунт азот, калій, фосфор, магній і кальцій. Однією з цінностей грибів, а саме глив цінні ще й наявністю в них таких мікроелементів, як мідь, йод, мар-

ганець, цинк, які дуже важливі при обміні речовин в організмі людини Кавова гуща має нейтральний рівень кислотності і як добриво підходить для підгодівлі будь-яких рослин. Кавова гуща здатна не тільки збагачувати рослини корисними мінеральними речовинами, а й захищати їх від самих різних шкідників. Її не люблять такі комахи, як мурахи, слимаки, равлики, тля та інші.

За результатом дослідження субстрат з використанням суміші кавової гущі та лушпиння соняшника показав найкращі показники з врожайності. Кавова гуща, що додавалася за рахунок утримування води мали покращенні смакові властивості. Варіант з використанням кавової гущі та гофрокартону не дав врожаю. Для підвищення врожайності потрібно було вдосконалити технологію культивування гливи додавши пристосування для дотримуватися температурного режиму та вологості.

1. Баранова С.В., Кольцова И.Ф. Выращивание съедобных грибов. – Симферополь: Бизнес-Информ, 2001. – 176 с.

2. Володина Е. П. Питательная ценность плодовых тел и субстратов при интенсивном культивировании вешенки обыкновенной: автореф. дис. на соиск ученой степени канд. биол. наук: спец: 03.00.24 «Микология» / Е. П. Володина. – К.: 1991. – 17 с.

3. Голуб Г. А. Вплив виробництва їстівних грибів на економічну ефективність агроценозів / Г.А. Голуб, І.В. Мельникова // Економіка АПК. – 1998. – №10. – С. 59 – 61.

*Науковий керівник Кірієнко С.М. доцент, кандидат біологічних наук, Криворізький національний університет.*

**УДК 62-9**

## **ПУТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ**

**Носенко К. В.**

**Одесская национальная академия пищевых технологий**

Использование возобновляемых альтернативных экологически чистых источников энергии, позволяет частично решить проблему энергозависимости и исчерпаемости классических источников энергии. Однако периодичность действия и низкий температурный потенциал этих источников не позволяют использовать их энергию для отопления зданий непосредственно, без преобразования. Тепловые насосы преобразуют низкопотенциальную энергию в высокопотенциальную. [1]

Ключевым вопросом, от которого в значительной степени зависит эффективность применения тепловых насосов, является вопрос об источнике низкопотенциального тепла. В качестве низкопотенциальных источников теплоты могут использоваться:

- а) вторичные энергетические ресурсы
  - теплота вентиляционных выбросов;
  - теплота серых канализационных стоков;
  - сбросная теплота технологических процессов.
- б) нетрадиционные возобновляемые источники энергии:
  - теплота окружающего воздуха;
  - теплота грунтовых вод;
  - теплота водоемов и природных водных потоков;
  - теплота солнечной энергии;
  - теплота поверхностных слоев грунта. [2]

В работе рассматривается возможность использования ТН для обогрева жилого дома. При подборе теплового насоса и определении его характеристик произведен анализ следующих данных, которые учитывают все привходящие эксплуатационные и потребительские факторы:

- географический регион и вид местности;
  - этап постройки дома и количество пользователей;
  - тип строения, его площадь и количество пользователей.
  - характеристики конструкционных материалов, теплоизоляции, кровли, светопропускающих конструкций;
  - наличие и параметры системы вентиляции;
- На основе вышеуказанного анализа и расчета тепловых потерь дома выбираем оптимальный тип источника тепла и модификацию ТНУ.

Список использованной литературы

1. К вопросу применения тепловых насосов [Электронный ресурс] // Сайт журнала «КиберЛенинка». – Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-razvitiya-geotermalnoy-tehnologii>
2. Огуречников Л. А. Эффективность применения тепловых насосов в системе геотермального теплоснабжения // Холодильная техника. – 2001. – № 6. – С. 10–12.  
*Руководитель – Л. Н. Якуб, д. т. н. проф.*

**УДК 665. 7**

## **ПАССИВНЫЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ**

**Балабан И.О.**

**Одесская национальная академия пищевых технологий**

В настоящее время перед Украиной, как и перед всем миром, остро стоят две взаимосвязанные проблемы: экономия топливно-энергетических ресурсов и уменьшение загрязнения окружающей среды. Одним из эффективных путей экономии топливно-энергетических ресурсов является использование экологически чистых нетрадиционных возобновляемых источников энергии, а именно - солнечной энергии.

В данное время хорошо известны использования для обогрева дома и горячего водоснабжения активные солнечные системы и тепловые насосы, но гораздо легче справиться с проблемами при использовании пассивной солнечной системы.

Пассивные солнечные здания - это здания, проект которых разработан с максимальным учетом местных климатических условий, и где применяются соответствующие технологии и материалы для обогрева, охлаждения и освещения здания за счет энергии Солнца.

Концепция «Пассивного дома» представляет собой комплексный подход к экономичному, экологически чистому и энергосберегающему строительству зданий различного назначения (от частных коттеджей до общественных зданий).

- Ориентации здания на юг и отсутствие затененности;
- Создание непрерывной оболочки здания, то есть массивные несущие стены с повышенной теплоизоляцией;
- Специальные высококачественные окна и оконные профили, так как основные потери тепла происходят через окна;
- Предотвращение «мостиков холода», то есть мест утечки тепла через плохо изолированные стены, крышу, старые окна;
- Использование экологических материалов, рекомендуют использовать традиционные материалы – камень, кирпич, дерево;

Очевидным экологическим преимуществом пассивного дома является экономия топлива и сокращение выбросов вредных веществ, продуктов горения, попадающих в атмосферу.

Во всём мире построено более 6000 пассивных домов, офисных зданий, магазинов, школ, детских садов. Большая их часть находится в Европе. На Украине первый пассивный

дом был построен в 2008г.: «Пассивный дом в Киеве» в базе данных Института пассивного дома в Дармштадте. Это авторский проект архитектора Т. Эрнст.

Для отопления зданий используются следующие типы пассивных гелиосистем:

- С прямым улавливанием солнечного излучения или открытые системы; где солнечные лучи проникают в помещения через оконные проемы (обычно увеличенных размеров) и нагревают строительные конструкции, которые становятся приемниками и аккумуляторами тепла.

- С непрямым (косвенным) улавливанием солнечного излучения или закрытые системы, где поток солнечной радиации непосредственно в помещение не проникает, а поглощается приемниками солнечной радиации, совмещенными с наружными ограждающими конструкциями, которые являются, как правило, и аккумуляторами теплоты, например теплоаккумулирующей стеной, расположенной за остеклением южного фасада;

В работе рассматриваются типы пассивной гелиосистемы и способы их установки, применение для зданий разной площади и в различных климатических регионах. Приведены расчеты пассивных гелиосистем и сравнительные эксплуатационные характеристики использования различного вида топлива для обогрева здания.

В работе обсуждается также экологический аспект пассивного дома. Известно, что комфортная среда обитания, формируемая в пассивных домах, способствует продлению жизни человека. Например, микроклимат такого здания целебно влияет на аллергиков. Неудивительно, что именно эти особенности пассивных домов стали причиной их быстро растущей популярности в последние годы.

Список використаної літератури

1. Строительная теплотехника. СНБ 2.04.01-97. Мн., 1998.
2. Отопление, вентиляция, кондиционирование. СНБ 4.02.01-03. Мн., 2004.
3. Данилевский Л.Н. Измерение фактических энергетических характеристик жилых зданий // Архитектура и строительство. 2006. № 1. С. 118–123.
4. Бутузов В.А. Анализ опыта разработки и эксплуатации гелиоустановок, геотермальных систем теплоснабжения в Краснодарском крае //Международная школа; семинар ЮНЕ-СКО “Использование возобновляемых источников энергии в Черноморском регионе. Стратегия и проблемы образования” 11;15 марта 2002 г., г. Сочи. –М.: 2002. – С. 48;74.
5. Шишкин Н.Д. Малые энергоэкономичные комплексы с возобновляемыми источниками энергии. – М.: – Готика, 2000. 236 с.

*Научный руководитель Якуб Л.Н. д.т.н. проф. кафедри ТиПЭ*

## **УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ ВИНОРОБСТВА**

**Крисенко К.Ю.**

**Одеська національна академія харчових технологій**

Результатом діяльності підприємств первинного виробництва є щорічне утворення значних обсягів твердих відходів (понад 80 тис. тон). За своїм складом відходи виробництва можуть бути залучені у процеси переробки з одержанням вторинних сировинних та енергетичних ресурсів. Таким чином, виникає необхідність удосконалення існуючих та розробки нових методів утилізації відходів виноробства.

Метою роботи є підвищення рівня екологічної безпеки підприємств первинного виноробства шляхом запровадження розробленого комплексу організаційно-технічних заходів, що базуються на результатах оцінки та прогнозування впливу зазначених підприємств на компоненти довкілля.

Для досягнення мети роботи поставлені такі завдання:

- 1) проаналізувати технології поводження з виробничими відходами виноробних підприємств;
- 2) розглянути методологічні підходи до комплексної оцінки виноробних підприємств;
- 3) обґрунтувати спосіб утилізації твердих виробничих відходів;
- 4) запропонувати ефективний спосіб переробки твердих відходів первинного виноробства з одержанням вторинної сировини;
- 5) розробка технологічної схеми утилізації твердих відходів.

Основними відходами виноробної промисловості є гребені, що відокремлюються від грон винограду перед його пресуванням. Вичавка, яку одержано після пресування винограду при виготовленні білих і рожевих вин, дріжджові осади, які осідають на дно бочок і резервуарів після бродіння, і осади, що виділяються після спиртування сусла і вина, винний камінь, що відкладається на стінках бочок при бродінні сусла і витримці вина. З них можна і потрібно, як у всіх розвинених виноробних країнах, виробляти затребувані ринком товари.

Обґрунтуванням режимів ферментативного гідролізу вичавки і гребенів є визначення раціональних режимів ферментативного гідролізу вичавки і гребенів. Досліджувалися такі параметри, як вплив температури ( $T$ , °C), ГМ, тривалість процесу ферментативного гідролізу ( $\tau$ , хв), рН реакційного середовища, ступінь подрібнення і концентрація ферментного розчину на процес ферментолізу.

Встановлені технологічні вимоги до процесу ферментативного гідролізу є основою для розробки технологічних схем отримання кормової добавки з вичавки і гребенів.

Однією з найважливіших характеристик отриманої кормової добавки є якісні зміни її показників в процесі зберігання, тому одним з етапів дослідження готової кормової добавки було дослідження мікробіологічних показників при зберіганні.

Розроблений спосіб утилізації твердих промислових відходів підприємств первинного виноробства шляхом їх переробки з отриманням кормових субпродуктів дозволяє запобігти виникненню екологічної небезпеки, пов'язаної з розміщенням таких відходів у довкіллі за рахунок їх переробки з одержанням корисної сировини.

Переробка відходів дозволяє отримати продукти харчового і кормового призначення для низки галузей народного господарства, а також знизити навантаження на навколишнє середовище за рахунок скорочення утворення промислових відходів та раціонального використання природних ресурсів.

*Науковий керівник д.т.н., проф Г.В. Крусір*

## **УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ РІДКИХ ВІДХОДІВ ВИНОРОБСТВА**

**Кірюхіна Д.В.**

**Одеська національна академія харчових технологій**

На сьогодні розвиток виноробної промисловості України супроводжується зростанням рівня її екологічної небезпеки. Результатом діяльності підприємств первинного виробництва є щорічне утворення значної кількості скидів концентрованих стічних вод (приблизно 280 тис. м<sup>3</sup>). Стічні води підприємств первинного виноробства мають у своєму складі значну кількість біогенних елементів, органічних речовин потребують складних процесів їх очищення.

Метою роботи є удосконалення технології очищення стічних вод підприємств первинного виноробства.

Виходячи з характеристики хімічного складу стічних вод, можна зробити висновок, що вони мають значні показники БСК і ХСК, які показують наявність у стічних водах органічних речовин і є обґрунтуванням для застосування метаногенезу, як найбільш ефективного методу очищення високонцентрованих стічних вод.

Експериментальним шляхом було визначено, що максимальний вихід біогазу при 55°C становить 9,32 дм<sup>3</sup>/добу. Ефективність зниження ХСК при термофільному і мезофільному температурних режимах практично однакова; під час термофільного режиму максимальне зниження ХСК спостерігається на 3 добу і становить 91%, а при мезофільному режимі на 4 добу і становить 90%. Таким чином, в якості оптимального температурного режиму процесу метаногенеза був обраний мезофільний режим.

Максимальний вихід біогазу спостерігається через 21 добу і становить 5,65 дм<sup>3</sup>/добу, при цьому вміст метану в газовій суміші досягає 67%. Таким чином, дослідження раціональних параметрів анаеробного зброджування стічних вод виноробних підприємств дозволяють розробити оптимальні робочі режими технології очищення рідких відходів виноробства.

Результати досліджень раціональних параметрів анаеробного зброджування стічних вод виноробства покладені в основу розробки технологічної схеми процесу очищення стічних вод, яка включає наступні етапи: 1) стічні води подають в резервуар-накопичувач туди ж завантажують подрібнені гребені винограду у співвідношенні 1:0,1 відповідно і перегній великої рогатої худоби у співвідношенні 1:1,5; 2) отриману масу піддають анаеробному зброджуванню протягом 4 діб при температурі  $T = 40^{\circ}\text{C}$  і рН-середовища = 6,5-7,5; 3) утворений біогаз направляють на сушіння, а потім в когенераційну установку, очищені стічні води подають на аеробне доочищення (біоставки).

Основні наукові та практичні результати роботи полягають у наступному: 1. підтверджено доцільність вибору способу утилізації рідких промислових відходів методом анаеробного зброджування; 2. експериментальним шляхом встановлено раціональні параметри процесу анаеробного зброджування стічних вод в умовах додержання достатнього ступеня їх очищення та максимального виходу біогазу як побічного продукту очистки. Ефективність очищення стічних вод складає 90-92%.

*Науковий керівник д.т.н., проф. Г.В. Крусір*

## **РОЗРОБКА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ОЛІЙНО-ЖИРОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

**Клошка Н.В.**

**Одеська національна академія харчових технологій**

За останні роки збільшився попит на товари хутряної промисловості. Подальший розвиток розведення хутряних звірів вимагає укріплення кормової бази господарств, використання нових кормових засобів.

Включення до складу раціону жиру - найважливіша умова зміцнення кормової бази тваринних господарств і здешевлення годування хутрових звірів, тому що скорочуються витрати дефіцитних і дорогих білкових кормів.

Комбікормова промисловість в даний час недостатньо забезпечена кормовими жирами, які використовують головним чином в птахівництві та свинарстві, додаючи їх в основному при гранулюванні в кількості 2-3% до маси комбікорму. У тваринництві застосовують переважно збірні жири. Тому пошук нових джерел жиру є актуальним завданням.

У вирішенні цього завдання великим резервом є відходи олійно-жирової промисловості - погони дезодорації соняшникової олії (ПДСО).

Погони дезодорації олій є цінним побічним продуктом, одержуваним при дезодорації олій, тобто видалення ароматичних речовин з олій при пропусканні через нього водяної пари в умовах високого вакууму. При цьому в летючих продуктах відгону (погонах) зосереджується значна кількість вітаміну Е (токоферолів), стерини, стериди, стероли, жирні кислоти та інші фізіологічно активні речовини.

Хімічний склад ПДСО на сьогоднішній день недостатньо вивчений.

До теперішнього часу погони дезодорації олій використовуються для миловаріння в

якості малоцінного технічного відходу виробництва. При цьому такі біологічно активні речовини як токофероли, стерини, фосфатиди та інші неоміляючі речовини втрачаються, в той час як вони могли б бути раціонально використані з великим ефектом.

При введенні жирів в раціон необхідно враховувати їх жирнокислотний склад, оскільки найбільшу біологічну дію жир виявляє лише при певному співвідношенні ненасичених і насичених жирних кислот.

Додавання 3,6% жиру в корм хутрових звірів підвищує їх плодовитість і на 15,4% з дешевлює прокорм молодняка, а також позитивно впливає на стан шкірного покриву і інші захисні бар'єри організму, підвищуючи його стійкість до інфекцій і інших несприятливих факторів зовнішнього середовища. Збільшення частки жиру в раціоні веде до підвищення в крові рівня імунних білків, знижує захворюваність тварин, підвищує стійкість до екстремальних температурних умов середовища як низьким, так і високим.

З огляду на важливу роль жирів в підвищенні поживної та біологічної повноцінності комбікормів для хутрових звірів, розширення виробництва хутра в країні і наявний на сьогоднішній день дефіцит в жирах, необхідність вишукування нових джерел стає актуальним завданням.

*Науковий керівник к.т.н, доц. М.М. Мадані*

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ АДСОРБЦІЙНИЙ ТЕПЛОВИЙ НАСОС

Лапіка А.А. студент, Коломієць О.В. к.т.н., асистент  
ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

Використання адсорбційних теплових насосів (АТН) в системах опалення і гарячого водопостачання є альтернативною централізованою системою теплопостачання, але великі габарити та висока температура регенерації адсорбентів, які використовуються в таких пристроях виключає можливість використання низькопотенційних та альтернативних джерел енергії для стадії десорбції. Тому було розроблено принципово нові композитні матеріали типу «силікагель-кристалогідрат» з підвищеною сорбційною ємністю та зниженою, відносно чистих матеріалів та зарубіжних аналогів, температурою регенерації методикою синтезу та властивості яких наведено в [1, 2].

Метою роботи є опис конструктивного виконання та принципу роботи модернізованого АТН в системі децентралізованого опалення.

Робочий цикл АТН (рис. 1.6) складається з чотирьох ліній: ізостери нагрівання (a-b), ізобари десорбції (b-c), ізостери охолодження (c-d) і ізобари адсорбції (d-a). Ізостера опалення (a-b): клапани між адсорбером, конденсатором і випарником закриті. Температура адсорбенту збільшується з  $T_a$  до  $T_b$  шляхом нагрівання за допомогою тепла  $Q_{ab}$ .

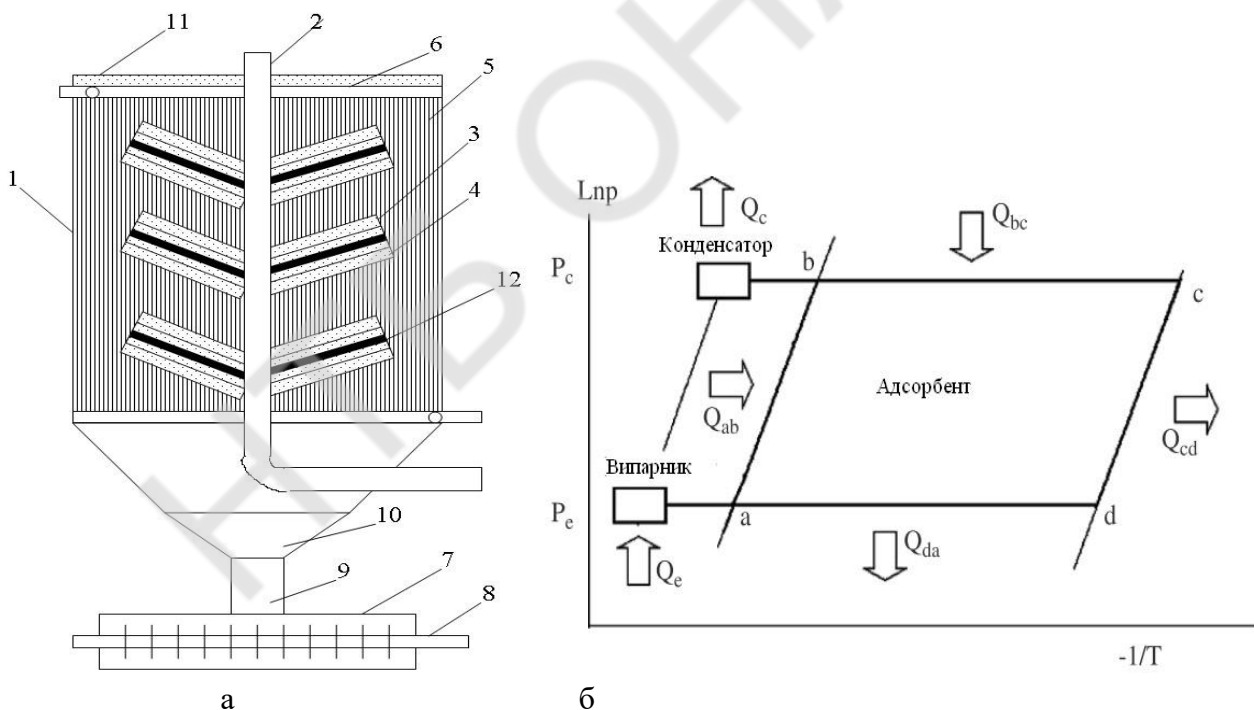


Рис. 1. Конструктивне виконання (а) та термодинамічний цикл роботи (б) АТН.

Робота АТН (рис.1) здійснюється в два етапи. На першому етапі (сорбція) розподільна насадка 10 відкрита і через неї пари води рівномірно подаються з випарника 7 за рахунок тепла, що надходить від нагрівача 8, у реактор адсорбційно-десорбційного типу 1 і поглинаються гранулами адсорбенту 4. При цьому, в шарі адсорбенту виділяється теплота адсорбції, що передається від гранули до гранули та до сітки, а від неї до теплоносія в гідравлічному контурі, і використовується для потреб споживача. На другому етапі розподільна насадка 10 закрива-

ється. Тепло від зовнішнього джерела тепла, за який можна використовувати сонячний колектор, передається через гідравлічний контур односторонньо оребреній сітці і гранулам адсорбенту. При цьому відбувається десорбція парів води, які конденсуються на внутрішній поверхні реактора, радіально-вертикальних ребрах і циліндричних кільцях з виділенням теплоти конденсації, в яких циркулює охолоджуючий теплоносій, наприклад вода, яка, нагріваючись, подається споживачу або догрівається безпосередньо в гідравлічному контурі, потім використовується для регенерації сорбенту. Конденсат стікає вниз по радіально-вертикальних ребрах у випарник через звужене горло.

Введення в конструкцію АТН зварних штирів 12 гідравлічного контуру 2, які приварені під кутом 45° до горизонту, на які насаджуються ребра 3, спрощує заміну сорбційного матеріалу та призводить до зниження експлуатаційних затрат при роботі агрегату та трудоемності його обслуговування та ремонту.

Було здійснено порівняння енергоспоживання електричного, газового та твердопаливного котлів з енергоспоживанням АТН за умови, що регенерація композитного матеріалу здійснювалась за допомогою сонячного колектора. Індексом *min* позначено споживання енергії насосом при сонячній погоді, а *max* – при пасмурній. Результати наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Економія енергоресурсів за рахунок використання АТН для опалення будинку площею 100м<sup>2</sup>

Джерело опалення	Котел твердопаливний PROTECH TT	Газовий котел ПРОСКУРІВ АОГВ-16 В	Електричний котел Днипро міні 12 кВт 380 В	АПТ <sub>(min)</sub>	АПТ <sub>(max)</sub>
Капітальні затрати, тис. грн	9	9	7	9	9
Енергоспоживання, кг у.п. на добу	21	26	17,85	0.32	7,8
Економія, кг у.п. на добу(min)/(max)	13,2/20,68	18,2/25,68	10,5/17,53		

Отже, як видно з табл.1, використання АТН в системі децентралізованого опалення приміщень різного призначення площею 100 м<sup>2</sup> дає можливість економити біля 20 кг. у. п. на добу при цьому температура в приміщенні підтримується на рівні 19 – 22 °С. За необхідності цю цифру завжди можна віднести до ціни на вихідні енергоресурси.

Інформаційні джерела:

1. Коломієць О.В. Технологія промислового виробництва композитних сорбентів на основі натрію сульфату та ацетату / О.В. Коломієць, К.М. Сухий // Зб. тез доповідей VIII Міжнародної наук.-техн. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених «Хімія та сучасні технології». Дніпро. – 2017. – Т. I. – с. 76 – 77.

2. Kolomyets O.V. Operating properties of composite materials “silica gel – sodium sulphate” and “silica gel – sodium acetate” for solar adsorptive heat pumps / O.V. Kolomyets, E. A. Belyanovskaya, I.V. Sukha, M.P. Sukhyu, K.M. Sukhyu, O.M. Prokopenko // Вісник дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. – 2017. – № 2. – с. 83 – 86.

Науковий керівник: Сухий К.М., д.т.н., професор, декан ф-ту ТОР та БТ, ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет».

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИЙ ПІРОЛІЗНИЙ РЕАКТОР

Лапіка А.А. студент, Коломієць О.В. к.т.н., асистент  
ДВНЗ «Український держаний хіміко-технологічний університет»

Шини представляють собою цінну полімерну сировину, але проблема їх утилізації досі далека від свого рішення. На звалищах світу міститься більше 10 млн. т. автопокришок, з них в Європі – 5,5 млн. т, в США – 3,0 млн. Закордонними і вітчизняними дослідниками запропоновано ряд технологічних рішень із переробки автопокришок методом низькотемпературного піролізу, одним із яких є індукційний нагрів металічного корду шин. Структурна схема переробки відпрацьованих шин методом піролізу наведена на рис.1.

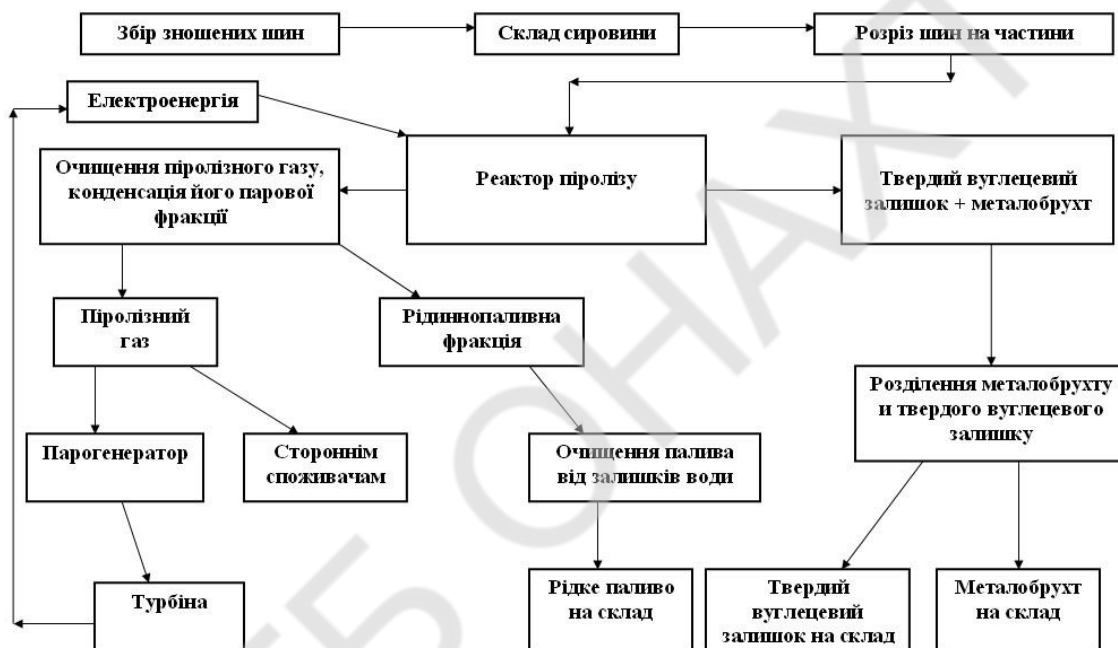


Рис.1. Структурна схема переробки відпрацьованих шин [1].

Як видно з даної схеми ключовим її елементом є піролізний реактор.

Метою даної роботи є розробка конструктивного оформлення піролізного реактора закритого типу, в якому процес піролізу проходить при оптимальній температурі 720 °С [2], яка досягається за рахунок індукційного нагріву. Розрахунок параметрів індуктора який необхідно використати для даних цілей наведено в [3].

Розроблений піролізний реактор (рис.2) містить камеру згоряння 1, по всій довжині якої вмонтовано індуктор 2, завдяки якому відбувається нагрів металічного корду шин та гуми, яка на ньому знаходиться з подальшим розкладом, димохід 3 через який піролізний газ видаляється з камери згоряння; реакційну камеру 4, розташовану в корпусі циліндричної футерованої топкової камери згоряння 1 жорстко вбудовану в її торцеві стінки. Тиск у реакційній камері 0,2-0,3 МПа, що необхідно для подальшої переробки продуктів піролізу, тому піролізний реактор обладнаний спеціальною шлюзовою камерою 5 з бункером 6, призначеним для завантаження сировини. Шлюзова камера 5 повинна бути герметичною, щоб запобігти витоків пірогазу. Бункер 7 в який через шлюзову камеру 8 вивантажується прожарений кокс із металокордом. Шнек 9 реакційної камери 4 піролізного реактора виконаний у вигляді пустотілого валу, розташованого уздовж реакційної камери і встановлений у корпусі камери згоряння на підшипниках-вкладишах 10, з можливістю переміщення сировини уздовж реакційної камери. Усі конструктивні елементи реактора, що піддаються дії надвисоких температур і агресивного

середовища виготовляються з жароміцних і стійких до агресивних середовищ матеріалів, наприклад, титану. Підшипники-вкладиші 10 шнекового валу виготовлені з графітокомпозитного матеріалу.

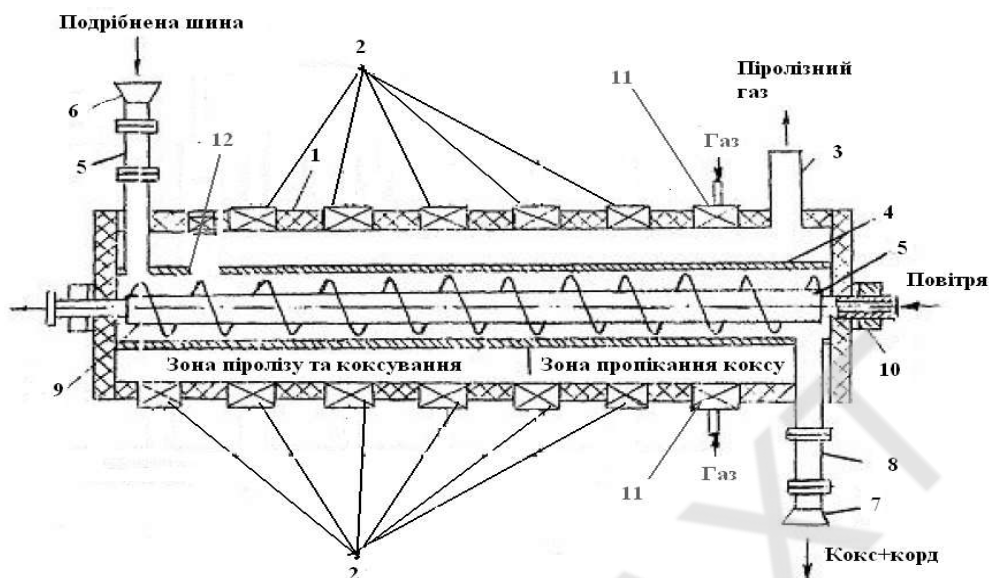


Рис.2. Конструктивне оформлення піролізного реактора

Подрібнені шини засипаються в бункер завантаження сировини 6, потім попадають в шлюзову камеру 5. Після шлюзової камери сировина надходить у реакційну камеру 4, обладнану шнеком 9 з електроприводом, що обертає і переміщує сировину в реакційній камері з такою швидкістю, щоб час перебування гуми в ній забезпечував повну її переробку. У порожнину вала з боку вивантаження коксу подається повітря для охолодження шийки вала шнека і зниження температури підшипника, а виходить повітря з боку виходу газу. Сировина просувається шнеком уздовж камери 4 і при цьому піролізується і коксується. Процеси піролізу і коксування протікають у реакторі при найбільш сприятливій температурі 700 – 750 °С, яка досягається шляхом індукційного нагріву металевого кордун шин без використання природного газу, що робить процес утилізації більш економічним та екологічним.

Інформаційні джерела:

1. Коломієць О.В. Піроліз зношених шин за рахунок індукційного нагріву їх металічного кордуну / О.В. Коломієць, В.В. Буличов // Матеріали XXXV Всеукр. наук.-практ. інтернет-конференції «Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку»: Зб. наук. праць. – Переяслав-Хмельницький, 2017. – Вип. 35. – с. 232 – 235.

2. Коломієць О.В. Вибір оптимальної температури піролізу зношених шин / О.В. Коломієць, В.В. Буличов // Теплотехніка, енергетика та екологія в металургії: колективна монографія. У двох книгах. – Книга 2 / Під заг. ред. д.т.н., проф. Ю.С. Продайка. – Дніпро: Нова ідеологія, 2017. – с. 149 – 153.

3. Коломієць О.В. Визначення основних параметрів індуктора для нагріву металічного кордуну зношених шин [Електронний ресурс] / О.В. Коломієць, В.В. Буличов // Тези доповідей І Всеукраїнської наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених «Проблеми сучасної електроенергетики, електротехніки та електромеханіки: теорія і практика», 15-16 грудня 2017 р. / відп. Ред. Бабаєв В.М. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2017: <http://ojs.kname.edu.ua/index.php/area/article/view/1617/1537>

Науковий керівник: Буличов В.В., к.т.н., доцент, доцент кафедри енергетики ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет».

## БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНА ХІМІЧНА ДОБАВКА ДЛЯ ЦЕМЕНТУ З ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ ФРИТЮРНОЇ ОЛІЇ

Гарбуз А.С., к.т.н. Флейшер Г.Ю.

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

Основними способами утилізації відпрацьованої фритюрної олії є спалювання. Альтернативним способом поводження з даним видом відходів є переробка. Найбільша частка відпрацьованої фритюрної олії йде на виробництво різного роду палива (біодизелю, керосину тощо). Способи хімічної переробки олії, склад продуктів та подальше використання палива детально описані в [1-3]. Крім цього, з фритюрної олії виробляють мастило для пильних ланцюгів, для змашування різноманітних сталевих форм, мастику, лаків, фарб, олиф, мил тощо [4-6].

В НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського» було розроблено хімічну добавку для цементу з продуктів переробки фритюрної олії. Внаслідок хімічної переробки було отримано три добавки, які відрізняються кількісним складом. Основною діючою речовиною є діетаноламід жирних кислот. Вторинні компоненти – солі та ефіри жирних кислот, діетаноламін та гліцерин. Добавки відрізняються наявністю та кількістю вторинних компонентів.

Для аналізу ефекту добавок досліджувалися нормальна густина цементного тіста, пластичність цементного розчину (1:3), приріст маси цементу при зберіганні у вологому середовищі (гігроскопічність) та міцність на стиск кубів з ребром 2 см.

Результати дослідження показують, що добавки з продуктів переробки фритюрної олії є багатофункціональними хімічними добавками для цементу і проявляють технологічні ефекти водоредукції, пластифікації та зменшення гігроскопічності. Добавки зменшують водопотребу цементного тіста на 4-48 %, збільшують пластичність цементного розчину на 38-82 %, зменшують гігроскопічність цементу на 8-39 %. Оскільки одна з добавок має суттєвий сповільнюючий ефект на тверднення цементу, вона з аналізу вилучена. Результати дослідження впливу решти добавок на властивості цементу на рис. 1-3.

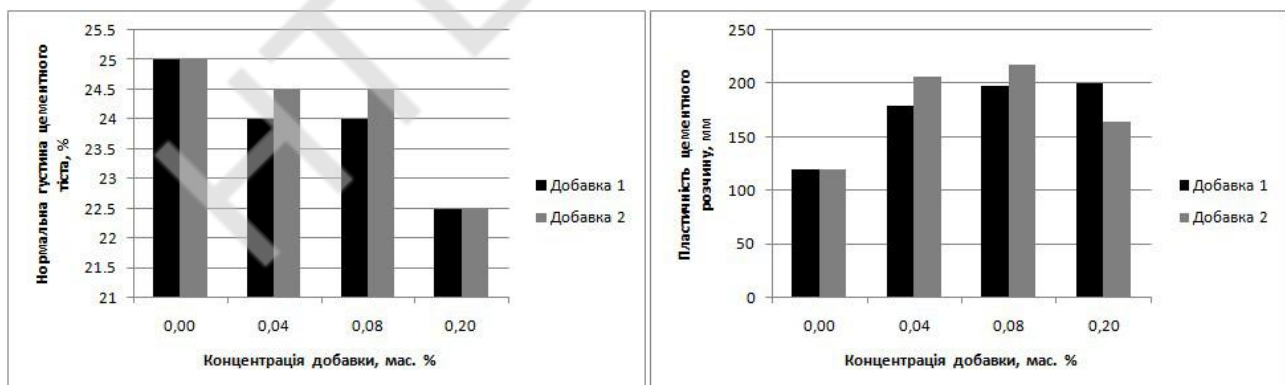


Рис. 1 – Нормальна густина цементного тіста та пластичність цементного розчину

Обидві добавки приблизно однаково впливають на нормальну густина цементного тіста. Різниця технологічних ефектів водоредукції становить  $\pm 2\%$ . Величина технологічного ефекту пластифікації залежить від концентрації добавок. Найкращі результати спостерігаються при застосування добавки 2 при концентраціях 0,04-0,08 мас. %.

Результати дослідження міцності цементного каменю показують, що обидві добавки сповільнюють тверднення в період до 1 доби включно. Надалі, добавка 1 прискорює тверднення, добавка 2 сповільнює тверднення в усі терміни.

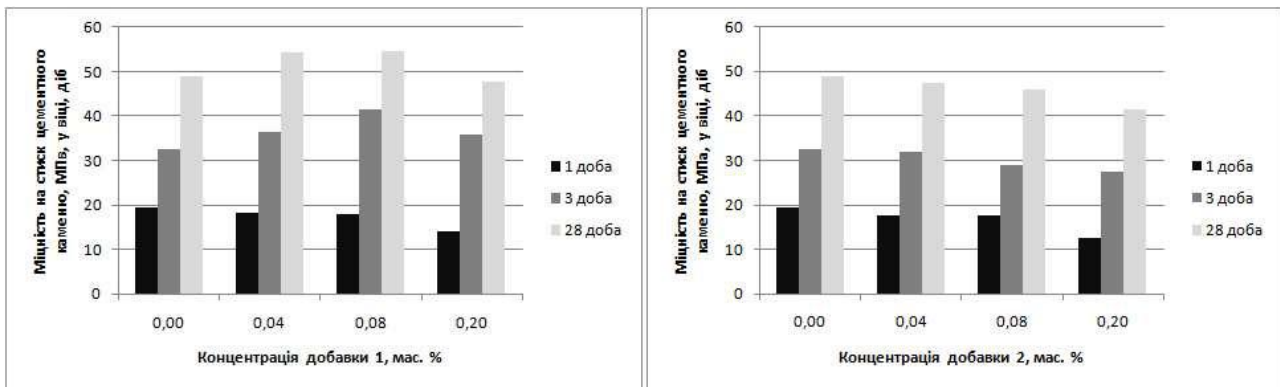


Рис. 2 – Міцність на стиск цементного каменю

Дані рис. 3 вказують на те, що добавка 2 більш ефективно знижує гігроскопічність цементу при всіх досліджених концентраціях.

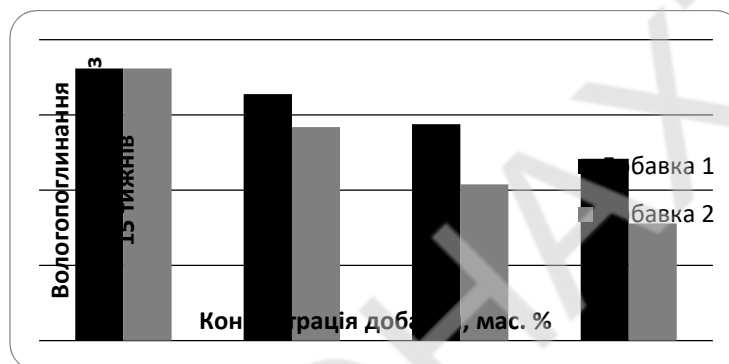


Рис. 3 – Гігроскопічність цементу після 15 тижнів витримки у вологому середовищі

За всіма розглянутими властивостями оптимальною добавкою є добавка 1 при концентраціях 0,04-0,08 мас. %. Добавка 1 при вказаних концентраціях знижує нормальну густину цементного тіста на 4 %, збільшує пластичність цементного розчину на 40-50 %, зменшує гігроскопічність на 10-22 % та прискорює тверднення,

Таким чином, відпрацьована фритюрна олія може стати джерелом для виробництва хімічних добавок для цементів.

1. Zaher F. Utilization of used frying oil as diesel engine fuel / F. Zaher // Energy sources, 2003. – Vol. 25 (8). – P. 819-826.

2. Dhanasekaran K. Optimization study of biodiesel used frying oil / K. Dhanasekaran, M. Dharmendirakumar // International journal of current microbiology and applied sciences, 2014. – Vol. 3, No. 2. – P. 727-735.

3. Sanli H. Characterization of waste frying oils obtained from different facilities / H. Sanli, M. Canakci, E. Alptekin // World renewable energy congress, Linkoping, Sweden, 8-13 May 2011. – P. 479-485.

4. Namoco Jr. C.S. Utilization of used cooking oil as an alternative cooking fuel resource / C.S. Namoco Jr., V.C. Comaling, C.C. Buna Jr. // Journal of engineering and applied sciences, 2017. – Vol. 12, No. 2. – P. 435-442.

5. Prokkola H. Material-efficient utilization of waste oils – biodegradability and other chemical properties of vegetable recycling oils / H. Prokkola, T. Kuokkanen, U. Lassi // Green and sustainable chemistry, 2012. – Vol. 2. – P. 133-140.

6. Habib A.M. Recycling and utilization of waste deep frying oil in leather industry / A.M. Habib, A.G. Alshammari // Indian journal of chemical technology, 2017. – Vol. 24. – P. 198-205.

Флейшер Г.Ю., кандидат технічних наук, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

## THE THERMAL CONDUCTIVITY ENHANCEMENT OF NANOFLUIDS: POSSIBLE HYPOTHESES

N. Khliyev

Institute of Physics and Technology, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

Intensification of the heat transfer process in various thermal power systems is an important problem, as it contributes to the rational using of energy resources, as well as reducing the consumption of materials by heat exchangers. One of the most promising ways of the heat transfer intensification, not requiring equipment constriction changes, is the use of nanofluids.

The nanofluids are ultra-dispersed systems, which consist of a base liquid and nanoparticles. The nanoparticles are of 1-100 nm in size. The nanoparticles used in nanofluids are usually nanoparticles of metals or oxides, also carbon structures, such as carbon nanotubes or fullerenes. Typical base fluids are water, antifreeze with ethylene glycol, mineral oil. The main advantage of the application of nanofluids as heat transfer agents (coolants) is in the fact that they have the higher value of thermal conductivity than the base liquid.

It is known that thermal conductivity of solids is greater than liquids. Widespread heat transfer agents (water, ethylene glycol, mineral oil) have a low thermal conductivity compare with the thermal conductivity of nanoparticle materials (see Fig.1 [1]). Thus, the addition of solid particles to the liquid can increase the conductivity of liquids (see Fig.2 [1]). The addition of large solid particles that are not involved in the Brownian motion it is not possible due to the sedimentation of particles. Thus, in nanotechnologies it was possible to use small solid particles with a diameter of less than 100 nm.

The nanofluids, as dispersions of solid particles in a continuous fluid matrix, are expected to have a thermal conductivity that obeys the effective medium theory developed by Maxwell [2]. The Maxwell model for spherical and well-dispersed particles is expressed by equation (1).

$$\frac{k}{k_f} = \frac{k_p + 2k_f - 2\phi(k_p - k_f)}{k_p + 2k_f - \phi(k_p - k_f)} \quad (1)$$

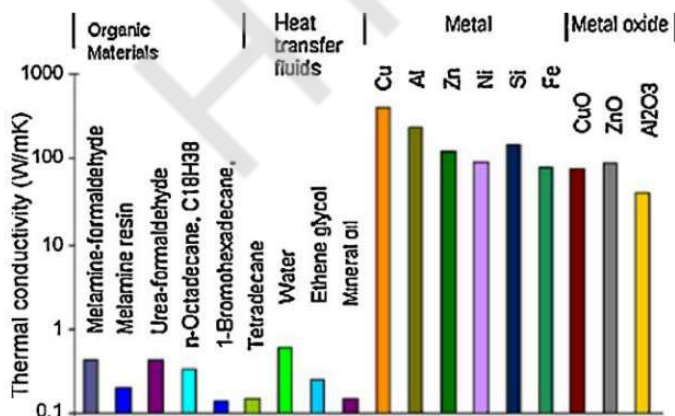


Fig. 1. Comparison of the thermal conductivity of common liquids, polymers and solids [1]

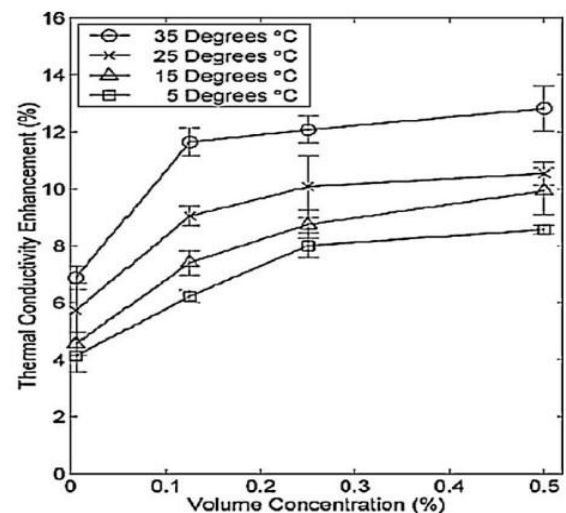


Fig. 2. Thermal conductivity enhancement of 2 nm gold nanoparticle in water as a function of volume concentration [1]

Equation (1) shows that the ratio of the nanofluid thermal conductivity  $k$  to the thermal conductivity of the base fluid  $k_f$ , where  $k_p$  is the particle thermal conductivity and  $\phi$  is the particle

volumetric fraction.

Note that the model does not predict the explicit dependence of the nanofluid thermal conductivity on the particle size or temperature. Also, in the limit of  $k_p \gg k_f$  and  $\phi \gg 1$ , the dependence on particle loading is expected to be linear, as given by equation (2).

$$\frac{k}{k_f} = 1 + 3\phi \quad (2)$$

However, it is several deviations from the predictions of Maxwell's model [2]: an increase in thermal conductivity depends on the size and shape of the particles; a strong thermal conductivity enhancement beyond that predicted by equation (1) with a nonlinear dependence on concentration of nanoparticle; a change in thermal conductivity depends on the nanofluid temperature.

To explain these unexpected results, several hypotheses have recently been formulated [2]:

particle Brownian motion disturb fluid that leads to a microconvection in the nanofluid and increases the heat transfer;

formation of clusters from nanoparticles in the nanofluid that leads to heat percolates preferentially along such clusters;

base fluid molecules form a structured layer with high thermal conductivity around the particles, thus increasing the effective volumetric fraction of the particles.

The experimental verification of these mechanisms was weak, some mechanisms have been questioned. For example, the hypothesis of microconvection gives predictions in conflict with experimental data [2].

In addition to theoretical inconsistencies, the nanofluid thermal conductivity data are sparse and inconsistent, possibly due to:

- the different experimental methods that have been used to measure nanofluid thermal conductivity;
- the differences in the processes of synthesis or preparation of the samples, even for similar in composition nanofluids.

I can conclude the physical mechanisms of more significant increase of thermal conductivity of nanofluids compare with a model of Maxwell are insufficiently studied. Thus, discussed above questions are interesting for futures scientific research.

#### References

1. Saidur R., Leong K. Y., Mohammad H. A. A review on applications and challenges of nanofluids //Renewable and sustainable energy reviews. – 2011. – Vol. 15, Iss. 3. – P. 1646-1668.
2. Buongiorno J. et al. A benchmark study on the thermal conductivity of nanofluids //Journal of Applied Physics. – 2009. – Vol. 106, Iss. 9.

**УДК 735.56**

## **НЕКОТОРЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ**

**Заика Е.А., студентка, Столевич Т.Б. к.т.н., доц.  
Одесский национальный политехнический университет**

В настоящее время основная часть электроэнергии производится на тепловых электростанциях (ТЭС) где используется природное органическое топливо. Далее обычно идут гидроэлектростанции (ГЭС) и атомные электростанции (АЭС).

Коэффициент полезного действия ТЭС составляет в среднем 36-39%. Наряду с топливом ТЭС потребляет значительное количество воды. Типичная ТЭС мощностью 2 млн. кВт ежедневно потребляет 18000 т угля, 2500 т мазута, 150000 м<sup>3</sup> воды. На охлаждение отработанного пара на ТЭС используются ежедневно 7 млн. м<sup>3</sup> воды, что приводит к тепловому загрязнению водоема-охладителя.

Современная энергетика наносит ощутимый вред окружающей среде, ухудшая условия

жизни людей. Технология производства электрической энергии на ТЭС связана с большим количеством отходов, выбрасываемых в окружающую среду. Сегодня проблема влияния энергетики на природу становится особенно острой, так как загрязнение окружающей среды, атмосферы и гидросферы с каждым годом всё увеличивается. Если учесть, что масштабы энергопотребления постоянно увеличиваются, то и соответственно увеличивается отрицательное воздействие энергетики на природу.

Тепловые электростанции работают на относительно дешевом органическом топливе - угле и мазуте, это невозполнимые природные ресурсы. При сжигании топлива на ТЭС образуются продукты сгорания, в которых содержатся: летучая зола, серный и сернистый ангидрид, оксиды азота, газообразные продукты неполного сгорания. При сжигании мазута образуются соединения ванадия, кокс, соли натрия, частицы сажи. В золе некоторых видов топлива присутствует мышьяк, диоксид кальция, диоксид кремния. При переходе с твёрдого на газообразное топливо себестоимость вырабатываемой электроэнергии значительно возрастает, однако здесь есть и свои плюсы, при использовании сжиженного газа не образуется золы, но такой переход не решает главную проблему - загрязнение атмосферы.

При сжигании газа, как и при сжигании мазута, в атмосферу попадают оксиды серы, а по количеству выбросов оксидов азота при сжигании газ почти не уступает мазуту. Качественного топлива для ТЭС не хватает, и большинство станций вынуждено работать на топливе низкого качества, при сгорании такого топлива в атмосферу вместе с дымом попадает большое количество вредных веществ, кроме того, вредные вещества попадают в почву с золой. Продукты сгорания, попадая в атмосферу, вызывают выпадение кислотных дождей и усиливают парниковый эффект, что крайне неблагоприятно сказывается на общей экологической обстановке.

Серьезная проблема, связанная с угольными ТЭС – золоотвалы. Для их обустройства требуются значительные территории, они являются очагами скопления тяжёлых металлов и обладают повышенной радиоактивностью. Тяжёлые металлы и радиация попадают в окружающую среду, либо воздушным путём, либо с грунтовой водой.

ТЭС загрязняют водоёмы, сбрасывая в них тёплую воду, в результате чего происходит зарастание водоёмов водорослями, и в них нарушается кислородный баланс, что в свою очередь несёт угрозу жизни всем его обитателям.

Земли вблизи водохранилищ, непосредственно примыкающих к тепловым электростанциям, подвергаются постоянному подтоплению из-за повышения уровня грунтовых вод, в результате происходит заболачивание значительных территорий. Под действием воды при формировании береговой линии разрушаются значительные участки почвы, происходит абразия.

Загрязняют окружающую среду и сточные производственные воды ТЭС, содержащие нефтепродукты. Объёмы производственных сточных вод с содержанием нефтепродуктов не зависят от мощности ТЭС и типа установленного оборудования, однако на станциях, где используется жидкое топливо, объёмы сбросов производственных вод несколько выше. Их количество также зависит от качества монтажа оборудования электростанции и условий его эксплуатации.

Примеси, содержащиеся в выбросах тепловых электростанций, попадая в биосферу в районе расположения станции, вступив во взаимодействие с окружающей средой, претерпевают различные изменения. Вымываемые атмосферными осадками, они попадают в почву и водоёмы.

Помимо основных компонентов, образующихся при сжигании органического топлива, в выбросах ТЭС содержатся пылевые частицы, имеющие различный состав, оксиды азота и серы, оксиды металлов, фтористые соединения и газообразные продукты неполного сгорания топлива. Попадая в атмосферу, они наносят большой вред не только основным компонентам биосферы, но и предприятиям, другим городским объектам, транспорту и местному населению.

В районах расположения ТЭС, наряду с возрастанием доли диоксида углерода, изменяется как качественный, так и количественный состав атмосферного воздуха. Образуется значительное количество кислотных оксидов.

Оксиды серы, попадая с выбросами в атмосферу, наносят большой ущерб животному и растительному миру, они разрушают хлорофилл, имеющийся в растениях, повреждают листья и хвою.

Оксид углерода, попадая в организм человека и животных, соединяется с гемоглобином крови, в результате чего в организме возникает недостаток кислорода, и, как следствие, происходят различные нарушения нервной системы. Оксид азота снижает прозрачность атмосферы и способствует образованию смога.

Учитывая всю опасность продуктов сгорания, выбрасываемых тепловыми электростанциями, их проектирование и строительство должно вестись с максимальным соблюдением экологических требований, целью которых является недопущение выбросов вредных веществ, превышающих предельно допустимые значения.

Предельно допустимыми концентрациями принято считать такие концентрации вредных веществ, которые не оказывают на организм человека прямого или косвенного негативного воздействия, не снижающих его трудоспособность, не влияющих на самочувствие и настроение. Косвенное воздействие определяется по влиянию загрязняющих веществ на зелёные насаждения и микроклимат.

Распространение вредных выбросов ТЭС зависит от нескольких факторов: рельефа местности, температуры окружающей среды, скорости ветра, облачности, интенсивности осадков. Ускоряет распространение и увеличивает площадь загрязнения вредными веществами такое явление, как туман. Вредные вещества при взаимодействии с туманом образуют устойчивое сильнозагрязнённое мелкодисперсное облако - смог, имеющий наибольшую плотность у поверхности земли.

Для ТЭС характерно высокое радиационное и токсичное загрязнение окружающей среды. Это обусловлено тем, что обычный уголь, его зола содержат микропримеси урана и ряда токсичных элементов в значительно больших концентрациях, чем земная кора.

При строительстве крупных ТЭС или их комплексов загрязнение еще более значительно. При этом могут возникать новые эффекты, например, обусловленные превышением скорости потребления кислорода над скоростью его образования за счет фотосинтеза земных растений на прилегающей территории, или вызванные увеличением концентрации углекислого газа в приземном слое.

Основное количество энергии в настоящее время вырабатывается на ТЭС за счет использования органического топлива. И все же перспективным направлением следует считать использование альтернативных нетрадиционных источников энергии.

**UDC 621.175:536.24**

## **CALCULATION OF HEAT EXCHANGE BETWEEN THE DROPLETS OF THE ATOMIZED COOLANT AND THE FLUE GAS**

**Bushmanov V. M.<sup>(1)</sup>, postgraduate, Mukminov I. I.<sup>(2)</sup>, master's degree**

**<sup>1</sup> Odessa National Academy of Food Technologies**

**<sup>2</sup> Odessa National Polytechnic University**

### **Introduction**

The process of heat and mass exchange in the medium of suspended drops of liquid and gas is very interesting in our time. In this work we will consider the method of calculation of this process occurring in the contact heat exchanger. Using the equations of energy in the initial and final moment of time. The equation uses the mass difference of the evaporated liquid.

$$T_{inf} = \frac{m_n * c * T_{kn} - m_k * c * T_{kk} + (c_{pp} * M_{Hn} + M_v * C_{pv}) * T_{infn} - \partial m * H}{((M_{Hn} + \partial m) * c_{pp} + M_v * C_{pv})}$$

$T_{inf}, T_k$  – the gas temperature in the vicinity of the drop and at a great distance from her;

$m_n, m_k, \partial m$  – the mass of the evaporating liquid at the beginning of the process, and in the end of process, and the difference between them;

$c$  – the fluid heat capacity;  $H$  – the heat of phase transition;

$C_{pp}$  – the heat capacity of steam;  $C_{pv}$  – specific heat of liquid

$M_{h0}$  – the mass of saturated steam at  $T_{inf}$ ;  $M_v$  – the mass of gas per unit volume.

Having the necessary data using the obtained equation it is possible to obtain the final temperature value. To find out the intermediate values, the calculation is made in small steps. The result of the previous calculation becomes the initial data for the subsequent calculation. To determine the values of the masses calculated change of radius and hence mass. Also, the problem of changing the temperature of the droplet can be solved with the help of various software environments. An important parameter in the study of the evaporation process of the droplet is the time of thermal relaxation of the droplet. With this program, komsol, multiphysics you can solve this problem. However, with a large difference in temperature drop from its original temperature warms up very quickly. And it is possible to take that relaxation occurs instantaneously. Using the formula given above, we calculate the heat exchange process in different parts of the process. And according to the obtained data, we plot the temperature change of the gas by the process time. Fig 1.

### Conclusion:

By composing the energy balance of the system obtained equations with which it is possible to obtain results on these processes. It should be appear in mind that this system was developed for relatively high temperatures of 500-800 K. serious experimental studies are still required to establish the reliability of the data obtained as a result of calculations. Also, some simplifications were adopted in the calculations. The consistency of the shape and size of drops, there is no collision and settling on the walls of the heat exchanger.

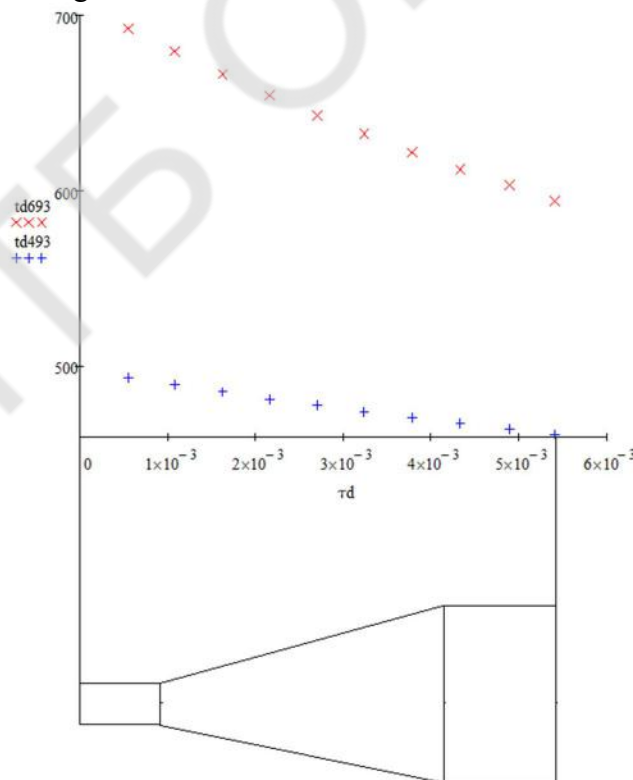


Fig. 1. Change of gas temperature in time and motion in the heat exchanger.

### References

1. Введение в COMSOL Multiphysics. © 1998–2015 COMSOL 179c
2. А. В. Лыков. "Теория сушки", 1968

3. Фундаментальные исследования №10, 2006, Успехи современного естествознания. Физико-математические науки. Расчет времени испарения дисперсных частиц Дохов М.П., Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия, с. 65-66  
*Supervisor : V. E Kogut, PhD, Odesa National Academy of Food Technologies*

УДК 621.315.592

## СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ СВОЙСТВ НАНОЧАСТИЦ ZnSe:Al

Теплякова И. В., студент  
Одесский национальный университет имени И.И Мечникова

Полупроводниковые соединения  $A_2B_6$ , в частности ZnSe, являются материалами, которые активно используются в области фотоизлучающих устройств (коротковолновые лазеры, лазерные диоды, солнечные фотоэлементы, датчики и оптические записывающие материалы). Изучение нанокристаллов ZnSe вызывает интерес благодаря новым возможностям, которые открываются с появлением квантово-размерных эффектов, усиливающих оптические свойства, что значительно расширяет потенциальную область применения ZnSe.

В данной работе представлена методика коллоидного синтеза наночастиц ZnSe и ZnSe:Al в матрицах поливинилового спирта (ПВС), желатина, лактозы. В качестве источника цинка использовался  $ZnCl_2$ . Источником селена выступал  $Na_2SeSO_3$ , легирование Al происходило в процессе химической реакции.

Исследованы спектры оптической плотности нанокристаллов ZnSe и ZnSe: Al. Установлено, что во всех опытных образцах край поглощения смещается в область высоких энергий, по сравнению с краем поглощения монокристаллов ZnSe, что указывает на наличие квантовых размерных эффектов в образцах. Также было установлено влияние отношения массовых концентраций источников цинка и селена на положение края поглощения. Максимальное смещение наблюдалось при соотношении  $ZnCl_2 : Na_2SeSO_3$  как 10: 1 соответственно.

Средний радиус исследуемых наночастиц ZnSe рассчитывался в приближении эффективных масс по формуле:

$$R = \frac{h}{\sqrt{8\mu\Delta E_g}} \quad (1),$$

где  $h$  – постоянная Планка;  $\mu = ((m_{e^*})^{-1} + (m_{h^*})^{-1})^{-1}$ , где  $m_{e^*} = 0,17m_e$ ,  $m_{h^*} = 0,6m_e$  – эффективные массы электрона и дырки в ZnSe;  $\Delta E_g$  – разница ширины запрещенной зоны в нанокристалле и объёмном кристалле ZnSe (2,68эВ). Размер частиц варьировался от 5 до 60 нм.

Легирование Al приводило к смещению края оптического поглощения в область меньших энергий, по сравнению с наночастицами ZnSe. Величина смещения увеличивалась с ростом концентрации примеси. Аналогичное смещение наблюдалось ранее в объёмных кристаллах ZnSe:In, где In – примесный ион переходного элемента, также как и Al, которое объяснялось наличием примесного кулоновского взаимодействия. Используя соотношение:

$$\Delta E_g = 2 \cdot 10^5 \left( \frac{3}{\pi} \right)^{1/3} \frac{eN^{1/3}}{4\pi\epsilon_0\epsilon_s} \quad (2),$$

где  $e$  – заряд электрона,  $N$  – концентрация примесей ( $cm^{-3}$ ),  $\epsilon_s = 8,66$  – статическая диэлектрическая постоянная селенида цинка, были определены концентрации алюминиевой примеси в исследуемых нанокристаллах.

Исследование спектров фотолюминесценции нанокристаллов ZnSe показывает наличие широких полос, локализованных в области 550-850 нм. Изменение температуры нанокристаллов с 300 до 430К не вызвало смещения в изученных спектрах. Положение спектров оста-

валось неизменным даже при изменении ширины запрещенной зоны нанокристаллов. Наличие ряда изгибов и большой полуширины полос указывает на их неэлементарный характер. Разложение на элементарные гауссовы компоненты в программе выявило серию элементарных эмиссионных линий, локализованных на 580, 600, 630, 680, 700, 750 и 800 нм. Аналогичные элементарные эмиссионные линии наблюдались ранее в объемных одиночных кристаллах ZnSe.

Излучение на длине волны 580 нм возникает из-за ассоциативных собственных дефектов ( $V_{Zn}V_{Se}$ ). Линия излучения на длине волны 600 нм из-за ассоциативных дефектов ( $V_{Zn}D_{Se}$ ), где донором является  $V_{Se}$  или неконтролируемая донорная примесь, элемент группы IV, например, Cl, Br, I. Другие эмиссионные линии были связаны с дефектами ( $V_{Zn}D_{Zn}$ ) с разными расстояниями между донорами и акцепторами. Здесь донором являются неконтролируемые примеси Al, In, Ga.

В нанокристаллах ZnSe:Al наблюдается увеличение интенсивности излучения в области 500-1000 нм с ростом концентрации примеси  $Al_2Cl_3$ , что объясняется увеличением концентрации донорных примесей в исследуемых нанокристаллах.

В спектрах излучения наночастиц ZnSe:Al испускаются элементарные полосы с максимумами на 580, 600, 630, 680 и 700 нм. Те же линии излучения были обнаружены и в объемных кристаллах ZnSe: Al.

Ранее, на объемных монокристаллах ZnSe:Al была установлена корреляция фотолюминесцентных и фотоэлектрических свойств. Сходство люминесцентных свойств объемных и нанокристаллов ZnSe:Al в видимом диапазоне позволяет предположить и сходство их фотоэлектрических свойств, что актуализирует дальнейшее исследование наночастиц ZnSe:Al, как перспективного материала для создания нового поколения эффективных фотоэлектрических преобразователей и излучающих структур.

1. B. O. Dabbousi, J. Rodriguez-Viejo, F. V. Mikulec et al., "(CdSe)ZnS core-shell quantum dots: synthesis and characterization of a size series of highly luminescent nanocrystallites," Journal of Physical Chemistry B, vol. 101, no. 46, pp. 9463– 9475, 1997.

2. Vaksman Yu.F., Nitsuk Yu.A., Purtov Yu.N. and Shapkin P.V. Native and Impurity Defects in ZnSe:In Single Crystals Prepared by Free Growth//Semiconductors. – 2001. – V.35, №8. – P. 920-926

*Ницук Ю.А. – доктор ф.-м. наук, профессор, ОНУ им. И.И. Мечникова, ФМФИТ*

**УДК 536.46**

## **ВЛИЯНИЕ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ И ГОРЕНИЯ ГАЗОВЗВЕСЕЙ УГЛЕРОДНЫХ ЧАСТИЦ**

**Лисянская М.В., студентка**

**Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова**

Исследование высокотемпературного теплообмена и кинетики химических преобразований частиц в условиях газозвеси является актуальным, что связано с необходимостью разработки эффективных методов использования дисперсных систем в различных технологических процессах. Важным является управление процессом горения дисперсного топлива при помощи изменения режимных параметров (температура газа, концентрация кислорода, размеры частиц) с целью создания ресурсосберегающих и экологически чистых технологий переработки топлив.

Целью данной работы является изучение закономерностей воспламенения, горения и потухания двухфракционной газозвеси углеродных частиц, как частного случая полидисперсного топлива, при различных температурах окружающего их газа и массовых концентрациях топлива.

В работе проведено физико-математическое моделирование высокотемпературного теплообмена и кинетики химических превращений газозвеси углеродных частиц. Для расчетов выбрана двухфракционная газозвесь с диаметрами частиц: мелкой фракции -  $d_{b1}=60\text{мкм}$ , крупной фракции -  $d_{b2}=120\text{мкм}$ . Определялись такие характеристики: период индукции, время и температура горения частиц, критические температуры и диаметры, определяющие воспламенение и потухание.

На рис.1 представлены временные зависимости температур и диаметра частиц каждой из фракций для двух различных температур газа. Для  $T_{g\infty}=1500\text{К}$  первым происходит воспламенение и выгорание мелкой фракции. Это приводит к повышению температуры газа, что улучшает условия для воспламенения частиц крупной фракции. Частицы крупной фракции загораются незадолго до момента потухания мелких частиц. На протяжении выгорания мелкой фракции концентрация окислителя значительно уменьшается, так что воспламенение и горение крупных частиц происходит при низких ее значениях. В результате скорость выгорания крупных частиц меньше, чем мелких, а температура горения крупной фракции более чем на 100 градусов ниже.

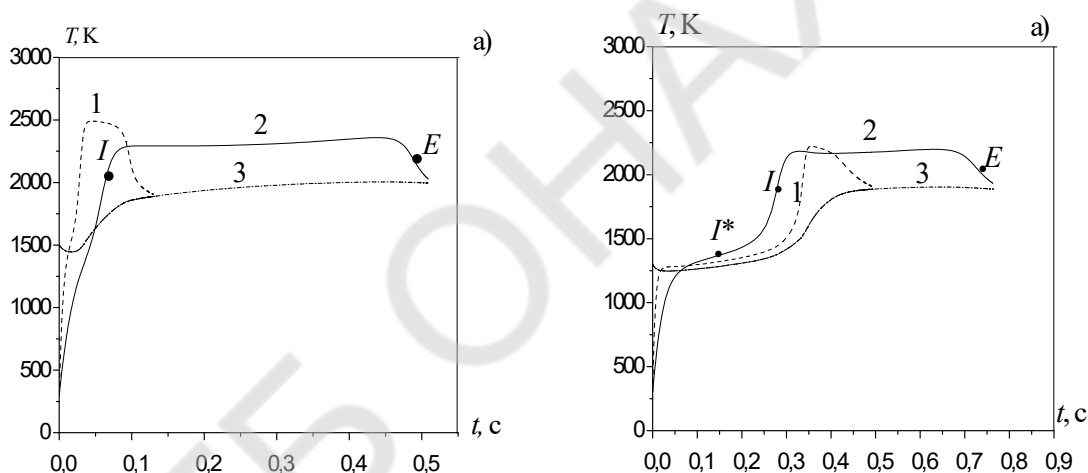


Рис. 1. Зависимости  $T$ ,  $T_g$  от времени для двухфракционной газозвеси  $C_{mb}=0,0244\text{ кг/м}^3$  для а)  $T_{g\infty} = 1500\text{ К}$  и б) -  $T_{g\infty}= 1300\text{К}$ . 1–  $d_{b1}= 60\text{ мкм}$ , 2– $d_{b2}= 120\text{ мкм}$ , 3 - температура газа  $T_g$ .

При понижении температуры газа теплотери молекулярно-конвективным путем для мелких частиц возрастают сильнее, чем для крупных. Это отражается в увеличении времени химического разогрева, что в свою очередь приводит к увеличению периода индукции мелкой фракции газозвеси. Для таких температур воспламенение крупной фракции происходит раньше, чем мелкой.

Отдельно рассмотрено влияние изменения коэффициента избытка окислителя на процессы зажигания, горения и потухания двухфракционной газозвеси углеродных частиц. Установлено, что увеличение коэффициента избытка кислорода на 50% незначительно уменьшает период индукции, однако существенно влияет на время и температуру горения частиц фракций, и критические параметры потухания. В области высоких температур газа диаметры потухания частиц менее плотной газозвеси больше, однако массовая концентрация недожога топлива на момент потухания значительно ниже. При температурах газа ниже 1400 К наблюдается обратный эффект.

*Научный руководитель – к. физ.-мат. наук, доцент Орловская С.Г.  
Одесский национальный университет имени И.И.Мечникова*

## ВИБУХОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОРГАНІЧНОГО ПИЛУ

Фудулей Н.О., студентка

Одеський національний університет імені І.І.Мечникова

Дослідження процесів спалахування і горіння газозавису частинок твердих горючих (пилу) викликають постійний інтерес в зв'язку з тим, що дисперсний стан палива зумовлює високу реакційну поверхню і, відповідно, високі швидкості перетворення пального. Існує дуже мало робіт присвячених твердим органічним паливом (полімери, натуральні пальні – борошно, крохмаль, пил деревини та інші). Мета роботи полягала в експериментальному дослідженні залежності критичної температури самоспалахування газозавису від виду і концентрації пального, було поставлено завдання започаткувати експериментальне дослідження спалахування саме натуральних органічних палив.

Базою для теоретичного аналізу цих процесів є розроблені [1] моделі самоспалахування для палив, що окислюються по різним законам.

Необхідною передумовою для таких дослідів є достатнє дезагрування вихідного порошку і його рівномірний розподіл по реакційному об'єму. В протилежному випадку ми можемо мати справу з сукупністю агломератів з невизначеними характеристиками. Це б створювало невизначеність режимних та критичних параметрів такого газозавису, а отже і їх не представництво.

Для перевірки моделі в досліді використовувались дисперсні палива з наступними середніми діаметрами частинок: АСD-4 – 4,76 мкм, сланець – 34 мкм, АІНЗ – 25 мкм, борошно – 40 мкм, оливкові кісточки – 40 мкм, гумус очищувальних споруд – 40 мкм.

Отримано, що борошно, гумус очисних споруд, лікоподій та оливкові кісточки цим умовам не задовольняють. Вони мають високу схильність до агломерації і на зразках, що осіли на предметне скло, видно, що газозавис складається із сукупності окремих частинок і агломератів. В цьому відношенні стає зрозумілим, чому для лікоподію, що вважається тестовим матеріалом для проведення подібних дослідів, в літературі відсутні будь-які дані, по критичним умовам його спалахування.

Враховуючи вище перелічені обставини, в досліді аналізувались саме газозависи сланцю, АІНЗ і алюмінію АСD-4 (як вихідного пального для порівняння з його гідридом).

Результати експериментальних досліджень, у вигляді залежностей температури спалахування від концентрації, наведені на Рис.1.

Як видно із Рис.1 для всіх палив критична температура спалахування зменшується з

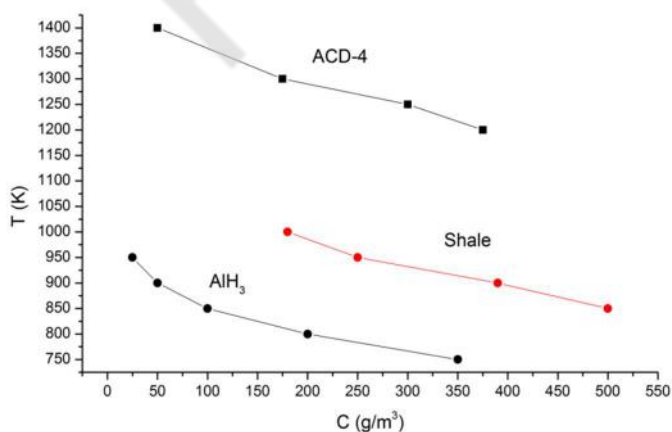


Рис.1. Залежність температури спалахування від граничної концентрації пилу в газозавису

ростом концентрації. Для газозависів АІНЗ температура спалахування майже на 500К менше, ніж у відповідного металу алюмінію. Обробка експериментальних даних в координатах  $\ln C - 1/T$ , дозволяє визначити енергію активації окислення пального  $\frac{E}{R}$  для гідриду алюмінію, як тангенс кута нахилу кривої (Рис.2). Відмітимо, що лінійний характер залежності свідчить саме про лінійний закон окислення.

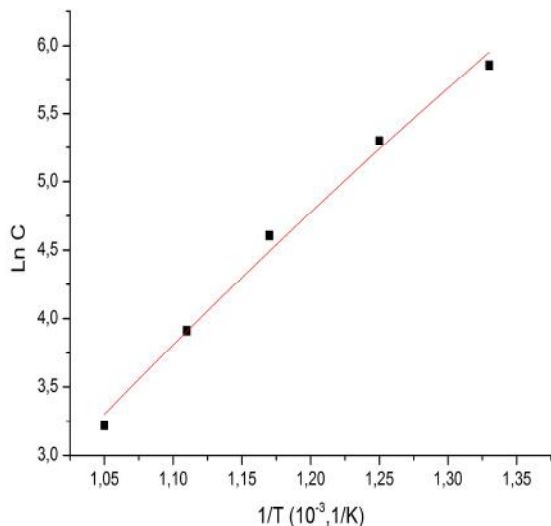


Рис.2. Графік для визначення енергії активації AlH<sub>3</sub>

тодику отримання дезагрегованих рівномірно заповнених об'ємів. В теперішній час така робота проводиться.

1. Фізичні основи пожежовибухонебезпеки: навчальний посібник для вищих навчальних закладів/ В.Г.Шевчук, Д.Д.Поліщук. – Одеса: Астропринт, 2010. – 244с.

2. Weiser V., Eisenreich N., Koleczko A., Roth E. On the Oxidation and Combustion of AlH<sub>3</sub> a Potential Fuel for Rocket Propellants and Gas Generators// Ptopelants, Explosives, Pyrotechnics 32. – 2007. – №3. С.213 – 221.

*Науковий керівник- д.ф.-м.н., проф. Шевчук В.Г.  
Одеський національний університет імені І.І.Мечникова*

УДК 536.6:544.7

## ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> НА ТЕПЛОЕМКОСТЬ ИЗОПРОПИЛОВОГО СПИРТА

**Брусенец В., магистр, Железный В.П., д.т.н., профессор  
Одесская национальная академия пищевых технологий**

Ключевые слова: Нанофлюид, Изопропанол, Наночастицы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Теплоемкость.

Введение/Общие сведения: Нанофлюиды являются коллоидными растворами, которые получают путем диспергирования твердых наночастиц в базовых жидкостях.

Публикаций посвященных изучению теплофизических свойств нанофлюидов достаточно много. Однако экспериментальных данных о теплоемкости нанофлюидов в широком интервале температур очень мало. Это обстоятельство сдерживает возможности разработки методов прогнозирования теплоемкости нанофлюидов.

В качестве объектов исследования были выбраны растворы нанофлюида изопропиловый спирт/наночастицы Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (702129 Aldrich 20 масс.% наночастиц Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) с изопропиловым спиртом (CAS67-63-0).

Обсуждение и результаты: Измерение двухфазной теплоемкости было проведено на

адиабатном калориметре переменной температуры методом монотонного нагрева в интервале температур 190 – 330 К, при массовых концентрациях наночастиц 2.01%, 5.11% и 9.96% (1.2, 3.1 и 6.1 моль.% соответственно). Неопределенность измеренных значений теплоемкости не превышает 0.7%.

Полученные в результате проведенного эксперимента данные показывают, что примеси наночастиц способствует уменьшению теплоемкости в жидкой фазе.

Выводы: Выполненные измерения теплоемкости объектов исследования показывают, что примеси наночастиц  $Al_2O_3$  приводят к уменьшению теплоемкости изопропилового спирта в жидкой фазе во всем интервале температур проведенного исследования.

Информационные источники:

1. B.C. Pak and Y.I. Cho, *Hydrodynamic and heat transfer study of dispersed fluids with sub-micron metallic oxide particles*, Exp. Heat Transf., 1998.
2. Y. Xuan and W. Roetzel, *Conceptions for heat transfer correlation of nanofluids*, Int. J. Heat Mass Transf., 2000.
3. V.P. Zhelezny, T.L. Lozovsky, V. Gotsulskiy, N. Lukianov, I.V. Motovoy, *Research into the influence of  $Al_2O_3$  nanoparticle admixtures on the magnitude of isopropanol molar volume*, Eastern-European J. Enterp. Technol. pp.33–38, 2017.
4. С.Н. Анчербак, Ю.В. Семенюк, Т.Л. Лозовский и Д.А. Ивченко, *Методы прогнозирования калорических свойств веществ на характерных кривых*, Холодильная техника и технология, № 4,- С.32-40, 2009.
5. М.А. Анисимов, *Критические явления в жидкостях и жидких кристаллах*, М.: Наука, 272 с., 1987.

Научный руководитель - Железный В.П., д.т.н., профессор, Одесская национальная академия пищевых технологий

УДК 621.316

## ОСОБЛИВОСТІ МЕХАНІЧНИХ ТА ОПТИЧНИХ СИСТЕМ ПОРТАТИВНИХ КОНЦЕНТРАТОРІВ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Лісоводський А.В., студент, Бошков Л.З., к.т.н., доцент  
Одеська національна академія харчових технологій

Розробка компактних концентраторів сонячної енергії з апертурою концентруючого рефлектора від 0,5 до 2 м і кратністю концентрації до 50 проводиться на кафедрі ТДтаВЕ ОНАХТ з 2009 р. За цей час еволюція розробок призвела до створення трьох типів конструкцій, які були реалізовані в пілотних зразках та експериментальних установках.

В даній роботі представлена серія новітніх розробок портативних сонячних концентраторів 3-го покоління, які мають значні переваги як над попередніми розробками, так і над сучасними світовими досягненнями у аналогічних проектах. Розроблена принципово нова конструкція багато секційного дзеркала, що складається, та новий універсальний фокусуючий вузол, який може використовувати стандартний вакуумний абсорбер. Розробка має також цілу низку інших нових технічних рішень, які після випробувань будуть предметом заявки на патент України. Створений пілотний зразок ПКСЕ, який має апертуру близько 1 м та кратність концентрації сонячної енергії при використанні вакуумного абсорбера 24.

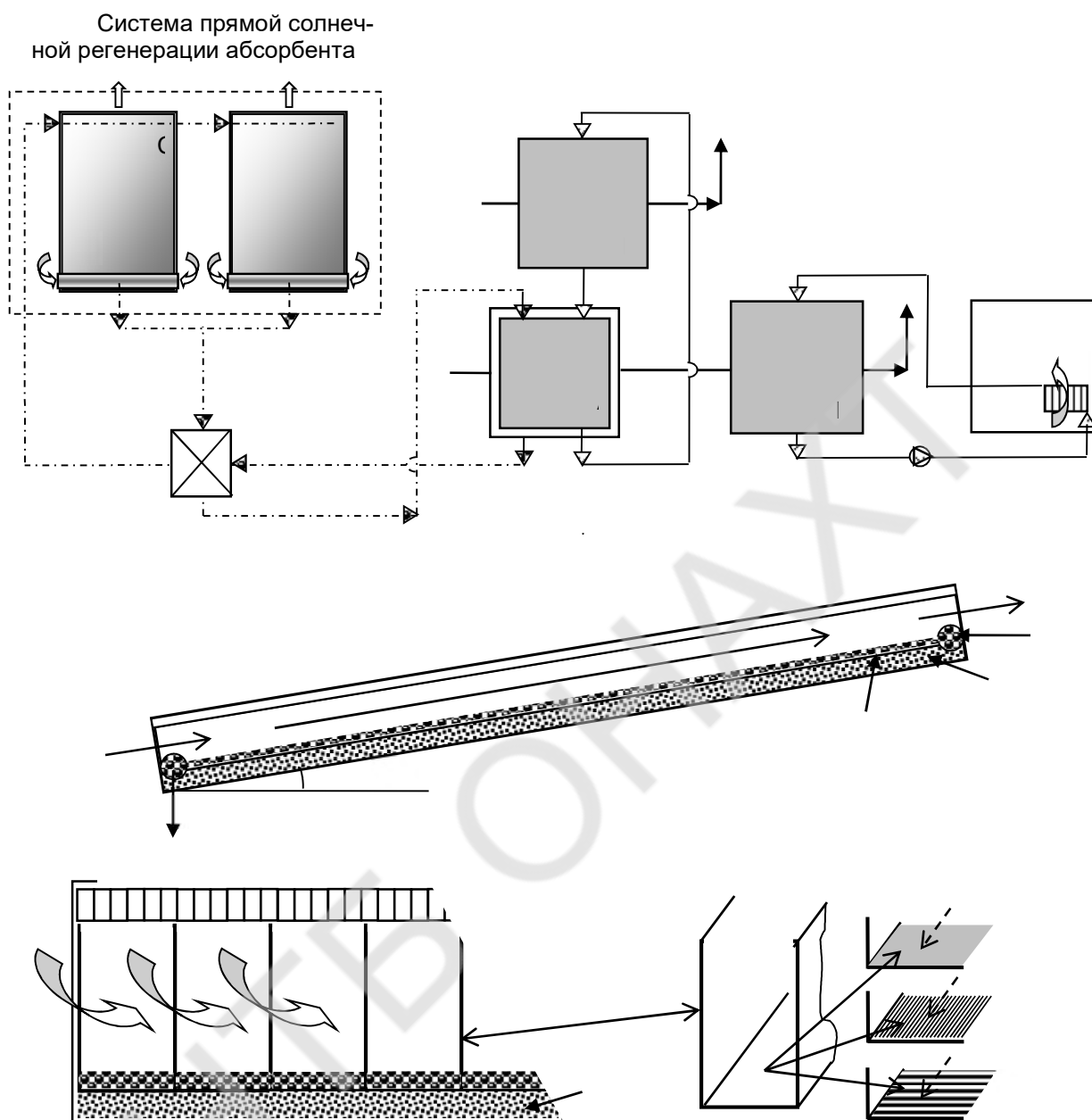
## РОЗРОБКА СОЛНЕЧНОЇ АБСОРБЦІОННОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ СИСТЕМИ СХС НА ОСНОВЕ ГАЗО-ЖИДКОСТНИХ КОЛЛЕКТОРОВ

Дерун А.В., магистр, Дорошенко А.В., д.т.н., профессор  
Одеська національна академія пищевих технологій.

Солнечные холодильные системы СХС (рис. 1) основаны на открытом теплоиспользующем абсорбционном цикле, где предварительное осушение воздуха обеспечивает высокую эффективность последующего испарительного охлаждения сред [1-2]. На рис. 1А приведен принцип построения СХС. Схема включает два основных блока: предварительного осушения воздуха, включающий абсорбер-осушитель 3, обеспечивающий непрерывность цикла осушения воздуха и регенерации абсорбента в солнечном коллекторе-регенераторе СКг-ж (6) и блок испарительного охлаждения воды – градирню 2. В качестве основных элементов осушительный блок СХС включает абсорбер 3, солнечную систему регенерации абсорбента ССРГ 1, состоящую из набора требуемого числа солнечных коллекторов-регенераторов абсорбента СКг-ж (6), емкость для «крепкого» раствора абсорбента и теплообменник (внутренняя рекуперация тепла «слабого» холодного и «крепкого» горячего растворов абсорбента) и дополнительный подогреватель на основе органических видов топлива, включенный в линию подогрева абсорбента перед солнечными газо-жидкостными коллекторами (на основе газового или электрического бойлера). Тепло, необходимое для регенерации абсорбента обеспечивается солнечной системой, а охлаждение абсорбера автономной вентиляторной градирней технологического назначения, 3 - ГРД/т. Охлаждение абсорбера, в котором, в процессе поглощения влаги из осушаемого воздуха, выделяется тепло, обеспечивает приближение к изотермичности процесса абсорбции и повышает эффективность всей схемы в целом [1]. В схеме охлаждения абсорбера может использоваться вынесенный теплообменник, либо это специальный водоохлаждаемый абсорбер, в котором теплообменник расположен непосредственно в объеме насадки (рис. 1А, позиция б). Предварительный подогрев «слабого» раствора абсорбента, поступающего на регенерацию в СКг-ж может быть обеспечен солнечной системой теплоснабжения ССТП на основе плоских солнечных жидкостных коллекторов СКж, разработанных в ОНАПТ на основе полимерных материалов [1]. Теплоприемник (абсорбер) солнечного коллектора-регенератора абсорбента СКг-ж (рис. 1Б) имеет U-образную форму, выполнен из алюминиевого листа с черным покрытием поверхности и обеспечивает одновременный прогрев, как самого воздушного потока, так и абсорбента, стекающего в виде тонкой пленки по «дну» коллектора под воздействием сил гравитации. Нагрев воздушного потока обеспечивает его движение через воздушный канал СКг-ж. Нагрев абсорбента обеспечивает необходимые условия для реализации процесса десорбции (удаления водяных паров из раствора, диффузии паров в воздушный поток и выноса водяных паров в окружающую среду). Энергозатраты в солнечной холодильной системе примерно в два раза ниже по сравнению с пароконденсационными охладителями по данным [1-2]

### Литературные источники

1. А.В. Дорошенко, М.А. Глауберман. Альтернативная энергетика. Солнечные системы тепло-хладоснабжения: монография. - Одесса: ОНУ, 2012. - 446 с
2. Дорошенко А.В., Антонова А.Р. Многофункциональные альтернативные энергетические системы на основе газо-жидкостных солнечных коллекторов. "Problemele energeticii regionale", Кишинев, 3(20), 2012, с. 38-45.



**Рисунок 1. А** – Принцип построения солнечной холодильной системы СХС с использованием солнечной энергии для восстановления абсорбента. Обозначения: 1 – солнечная система регенерации абсорбента ССРГ; 2 – испарительный охладитель воды: ГРД – градирня техническая, 2А - градирня продуктовая; 3 – абсорбер-осушитель АБР; 4 – помещение; 5 – водо-воздушный теплообменник; 6 – солнечный коллектор-регенератор СКГ-ж; НВ – наружный воздух; О – осушенный воздух; В – выброс; РА – раствор абсорбента: Р/сл – слабый, Р/кр-крепкий; Ж – вода.

**Б** – Принципиальная компоновочная схема солнечного газо-жидкостного коллектора-регенератора абсорбента СКГ-ж с гравитационным течением жидкостной пленки и с естественной циркуляцией воздушного потока. Обозначения: 1 – прозрачное покрытие; 2, 3 – теплоизоляция; 4, 5 – воздушный поток; 6, 7 – абсорбент

## ПРОЕКТ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ С РАЗРАБОТКОЙ ПОЛИМЕРНОГО ЖИДКОСТНОГО СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА

Лаврентьев Д., бакалавр

Одесская национальная академия пищевых технологий

В работе рассматривается поиск новых решений в области создания жидкостных плоских солнечных коллекторов, в частности возможность использования в их конструкции полимерных материалов. Это включает разработку новых конструктивных решений, анализ и выбор полимерных материалов, выполнение теоретического и экспериментального анализа. Экспериментальный стенд был оснащён приборами для фиксации уровня солнечной активности, ветронагрузки, температуры наружного воздуха, и комплектом термодатчиков, обеспечивающим замеры температур в баке-теплоаккумуляторе, а также на входе и выходе из СКж. Стенд позволял проводить прямые сравнительные натурные испытания СКж в открытой среде, поскольку имел две параллельные идентичные линии. Испытания СК проводились при естественной циркуляции теплоносителя. Исследовали два варианта СКж: СКж с воздушным зазором между ПП и теплоприемником и СКж 2 – двухъярусная композиция из отдельных многоканальных плит, без воздушного зазора [1].

Коэффициент полезного действия СК можно рассчитать по формуле:

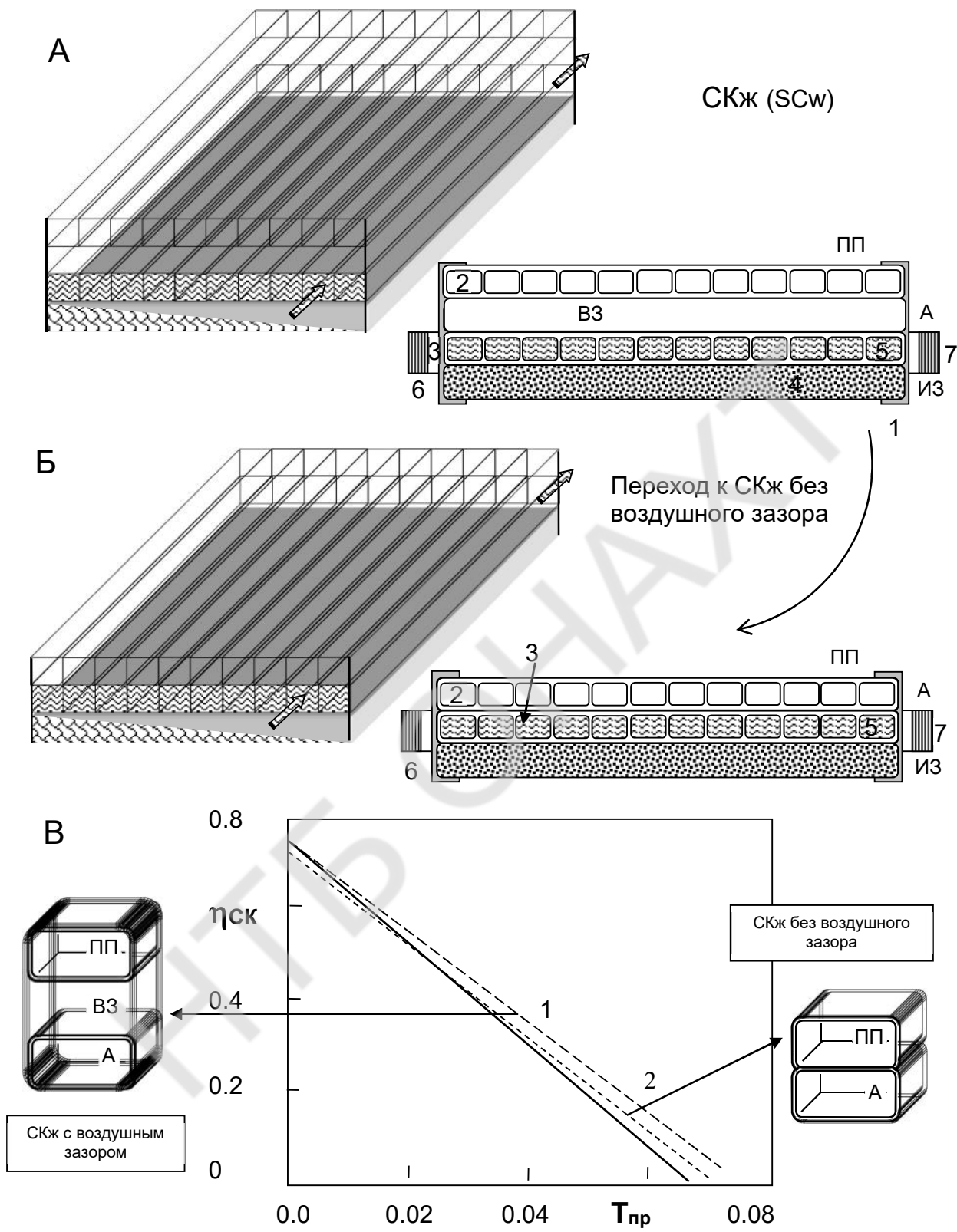
$$\eta = \tau \cdot \varepsilon_1 \cdot F' - U \cdot F' \cdot \left[ 0.5 \cdot (t_{ж1} + t_{ж2}) - t_0 \right] / J \quad (1),$$

где  $b$  – расстояние между центрами соседних каналов поликарбонатной плиты, м;  $D$  – эквивалентный диаметр канала, м;  $\alpha_{ж}$  – коэффициент теплоотдачи от стенки канала теплоприемника к жидкости, Вт/(м<sup>2</sup>·К), ( $\alpha_{ж} \approx 300$  для естественной и  $\approx 1500$  для вынужденной конвекции);  $F$  – эффективность ребра прямоугольного профиля (поскольку в поликарбонатной многоканальной плите отсутствует традиционное оребрение каналов теплоприемника, принимаем величину  $F = 1$ ;  $t_{ж1}$  и  $t_{ж2}$  – температура жидкости на входе и выходе из СК, °С. Если  $U_{\Sigma}$  и  $F' = \text{const}$ , зависимость  $\eta$  от  $\left[ 0.5 \cdot (t_{ж1} + t_{ж2}) - t_0 \right] / J$  представляет собой прямую линию (рис. 1В). Комплекс  $\left[ 0.5 \cdot (t_{ж1} + t_{ж2}) - t_0 \right] / J$  называется приведенной температурой ( $T_{пр}$ ). Результаты экспериментального исследования приведены на рис. 1В в виде зависимости эффективности процесса трансформации солнечной энергии в тепловую энергию жидкого теплоносителя от приведенной температуры. Можно сделать вывод: устранение воздушного зазора, уменьшая высоту и вес СК, приводит к некоторому росту тепловых потерь, но переход на моноблочную полимерную композицию СКж в свою очередь обеспечивает снижение уровня тепловых потерь, так что эффективность оказывается достаточно близкой к эффективности СКж с воздушным зазором. Полученный результат, касающийся использования моноблочных структур в оформлении плоского солнечного коллектора в целом достаточно близок к данным работы [2], полученным для варианта полимерного коллектора с сотовой вставкой в воздушном зазоре.

Литературные источники

1. А.В. Дорошенко, М.А. Глауберман. Альтернативная энергетика. Солнечные системы тепло-хладоснабжения: монография. - Одесса: ОНУ, 2012. - 446 с
2. Ghoneim A.A., Performance optimization of solar collector equipped with different arrangements of Square-celled honeycomb. Int. J. of Thermal Science. 44 (2005) p. 95-105A.B.

*Научный руководитель, докт. техн. наук, проф. к-ры термодинамики и возобновляемой энергетики Одесской национальной академии пищевых технологий Дорошенко А.В.*



**Рисунок 1.** Принцип построения жидкостного полимерного солнечного коллектора СКЖ. А – СКЖ с воздушным зазором между поверхностью теплоприемника и прозрачным покрытием; Б – СКЖ без воздушного зазора. Обозначения: 1 – корпус; 2 – прозрачное покрытие; 3 – теплоприемник; 4 – теплоизоляция; 5 – жидкий теплоноситель (вода); 6,7 – гидравлический коллектор В – Зависимость КПД полимерных СК от приведенной температуры

## СУШКА ЗЕРНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭНЕРГИИ МИКРОВОЛНОВОГО ПОЛЯ

Михайлова О. В.

Одесская национальная академия пищевых технологий

В последние три десятилетия наблюдается взрывной рост исследований в поиске эффективных технологий сушки. Этот рост стимулирован энергетическим кризисом и увеличением потребительского спроса на более качественную продукцию [1, 2]. Основой для организации сушки материалов является нагрев, и этот процесс, наиболее распространенный промышленности за последние 50 лет [3], в то же время наименее контролируемый. В операциях сушки диэлектрический нагрев от микроволнового поля часто имеет некоторые преимущества, включающие высокую энергетическую эффективность [15]. В [16] отмечается, что микроволновые технологии относятся к разряду энергосберегающих в силу их естественной специфики, однако для создания действующего оборудования необходимо проведение комплексных исследований с целью определения условий процесса, при которых будет достигаться высокая скорость сушки в сочетании с энергетической эффективностью, обеспечиваться равномерность поля внутри камеры, безаварийность и безопасность работы. Авторы [17] отмечают, что сушку в микроволновом поле целесообразно вести при значениях влагосодержания на уровне 20%, что в основном соответствует влагосодержанию зерновых культур на входе в сушильный аппарат. Имеющиеся на настоящее время данные позволяют рекомендовать микроволновые технологии к разработке. Однако, как показывает современная практика, попытки создания нового оборудования, в частности, для микроволновой сушки, и его дальнейшее использование без предварительного исследования кинетики процесса не приводили к желаемому результату. Основой для конструирования новых установок являются экспериментально определенные требования к режимным параметрам процесса и условиями. Целью работы являлось определение эффективности МВ сушки при пульсирующем и непрерывном подводе энергии.

При пульсирующем режиме периоды микроволнового подвода чередуются с паузами. Изучается влияние длительности включения магнетрона  $\tau_{MB}$  и пауз  $\tau_n$  на закономерности изменения температур и влагосодержания материала, скорость сушки и удельные энергозатраты. Проводятся 3 серии опытов, различающихся длительностью микроволнового подвода. Каждая серия включает 4-5 опытов с разной длительностью пауз  $\tau_n = var$  при  $\tau_{MB} = idem$ . Каждый опыт заканчивается паузой. Количество включений магнетрона и количество пауз во всех опытах одинаково:  $n_{MB} = idem$ ,  $n_n = idem$ .

В опытах измеряют мощность магнетрона, начальные и конечные массы ( $m_0, m_k$ ) и температуры ( $t_0, t_k$ ), продолжительность и количество включений магнетрона ( $\tau_{MB}, n_{MB}$ ) и пауз ( $\tau_n, n_n$ ). При обработке данных определяют следующие величины:

- убыль влаги:  $\Delta m = m_0 - m_k$ , кг; начальное и конечное влагосодержание материала:

$$u_0 = \frac{m_0}{m_{сух}}, \quad u_k = \frac{m_k}{m_{сух}}, \text{ кг/кг} \quad (1)$$

где  $m_{сух}$  - масса абсолютно сухого материала,

- общую продолжительность процесса сушки

$$\tau_{\Sigma} = \tau_{MB} \cdot n_{MB} + \tau_n \cdot n_n, \text{ с} \quad (2)$$

- скорость сушки:

$$N = \frac{u_0 - u_k}{\tau_{\Sigma}}, \text{ с}^{-1} \quad (3)$$

- суммарные энергозатраты:

$$Q_{\Sigma} = N_c \cdot \tau_{MB} \cdot n_{MB} \quad (4)$$

- полезный тепловой поток, израсходованный на испарение влаги и нагрев материала:

$$Q_{\text{пол}} = \Delta m \cdot r + \frac{m_0 + m_k}{2} c_{\text{вл.м}} (t_k - t_0), \text{ Дж} \quad (5)$$

где  $c_{\text{вл.м}}$  - теплоемкость влажного материала, Дж/(кгК)

При непрерывном микроволновом подводе проводят несколько опытов при  $N_c = \text{idem}$ ,  $\tau_{MB} = \text{var}$ . В каждом опыте измеряют  $m_0, m_k, t_0, t_k, \tau_{MB}$ . Обработку данных ведут по выше-приведенным формулам.

Расчет затрат энергии на единицу массы удаленной влаги проводился по формуле:  $Q = N_c \cdot \tau_m / \Delta m$ , где  $\tau_m$  - полное время работы магнетрона,  $\Delta m$  - масса удаленной из зерна влаги,  $N_c$  - мощность магнетрона. Во всех опытах начальное влагосодержание зерна составляло 20%, масса образца – 100 г, толщина слоя – 57,5 мм, мощность магнетрона – 600 Вт. Получено, что наибольшая скорость сушки соответствует непрерывному МВ нагреву. По сравнению с непрерывным МВ подводом продолжительностью 30 с, при переходе к пульсирующему режиму наблюдается резкое снижение скорости сушки, после чего при увеличении длительности пауз падение скорости сушки становится незначительным. Получено, что увеличение продолжительности МВ воздействия приводит к увеличению скорости сушки в 1,6 раз, и снижению удельных затрат энергии – в 1,7 раза. Температуры слоя при этом различались незначительно (70,3 °С и 73,7 °С). Отличие наблюдалось в длительности опытов: 90 с - 3 включения магнетрона по 10 с, и 180 с - 6 включений магнетрона по 10 с. Результаты исследований показали, что при пульсирующей МВ сушке основное количество влаги удаляется в периоды подвода МВ энергии, а паузы позволяют предотвратить перегрев материала.

#### Информационные источники

1. Рушиц, А. А. Применение СВЧ-нагрева в пищевой промышленности и общественном питании / А.А. Рушиц, Е.И. Щербакова // Вестн. ЮУрГУ. Серия "Пищевые и биотехнологии". – 2014. – Т. 2. – № 1. – С. 9-15.
2. Regier M., Mikrowellen- und Mikrowellen-Vakuumtrocknung von Lebensmitteln / M. Regier, K. Knörzer, U. Erle // Chemie Ingenieur Technik. – 2004. – Vol. 75. – P. 424-432.
3. Демьянчук, Б. А. Принципы и применения микроволнового нагрева / Б.А. Демьянчук. – О.: Черноморье, 2004. – 520 с.
4. Brodie, G. Microwave and Radio-Frequency Technologies in Agriculture. An Introduction for Agriculturalists and Engineers / G. Brodie, M. V. Jacob, P. Farrell; edited by M. Golachowska. Warsaw-Berlin: Published by De Gruyter, 2015. – 396 p.
5. Feng, H. Microwave Drying of Food and Agricultural Materials: Basics and Heat and Mass Transfer Modeling / H. Feng, Y. Y. J. Tang // Food Engineering Reviews. – 2012. – V. 4, №2. P. 89–106.
6. Advances in Agricultural Science and Technology. Volume 1. Advances in Bioprocessing Engineering / Editors H. Yang, J. Tang. London: World Scientific, 2002. – 172 p.

*Научный руководитель: д.т.н., проф. Бошкова И. Л.  
Одесская национальная академия пищевых технологий*

## ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ ПАЛИВА НА РОБОТУ ЗАПАЛЬНО-ЧЕРГОВОГО ПАЛЬНИКА

Григор'єв О. А., аспірант  
Одеська національна академія харчових технологій

Завдання: Дослідити вплив температури паливного газу і ежектруемого повітря на коефіцієнт ежекції у дослідному

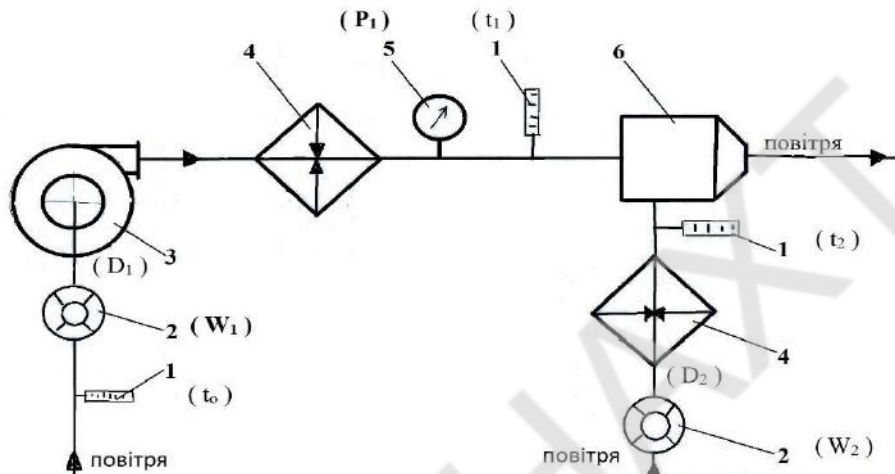


Рис. 1 Принципова схема експериментального стенду

1 - цифровий термометр з виносним датчиком; 2 - анемометр крильчатий; 3 - повітродувка; 4 - інфрачервоний випромінювач; 5 - електронний манометр; 6 - досвідчена пальник;

Згідно з прийнятою методикою випробувань надходження низькокалорійного паливного газу в пальник моделюється навколишнім повітрям. Низькокалорійний газ містить великий відсоток CO і N<sub>2</sub> і має значення молярної маси близьке до значення молярної маси повітря - 28,6 кг / кмоль.

Ежектруемый повітря брався з різною температурою при незмінних параметрах робочого потоку (температурі, тиску і його витраті перед соплом). Результати вимірів представлені на рис. 2.

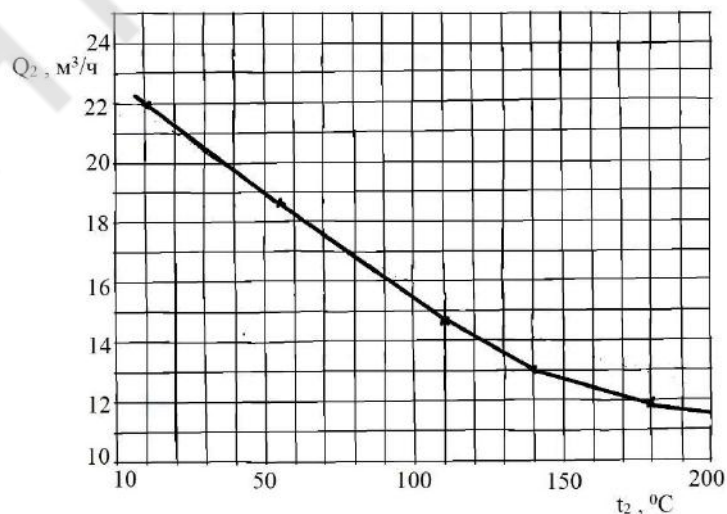


Рис. 2 Вплив температури ежектруемого повітря на ефект ежекції.

Дослідження впливу температури робочого потоку на його тиск перед пальником для діапазону можливих на практиці температур наведені на рис.3.

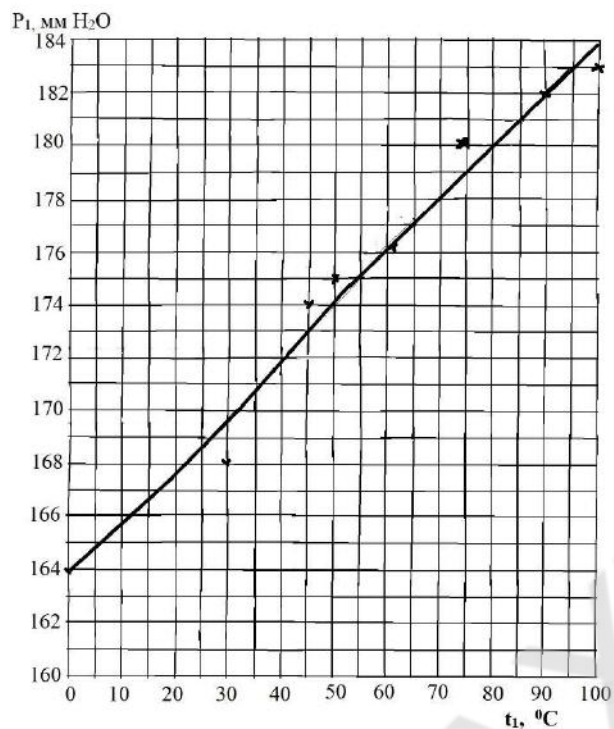


Рис. 3 Залежність тиску робочого потоку перед пальником від його температури

Висновки за результатами випробувань:

Витрата ежектируемого повітря в пальник лежить в діапазоні від 7% до 16% від витрати робочого потоку і збільшується зі збільшенням тиску робочого потоку.

При спалюванні низькокалорійного газу коефіцієнт надлишку повітря в пальнику лежить в діапазоні значень від 0,03 до 0,08. Спалювання низькокалорійного газу буде визначатися подачею вторинного повітря в факел полум'я, а не ежектируемого повітря в пальник.

Підігрів ежектируемого повітря істотно зменшує його витрати в пальник.

Підігрів робочого потоку при постійному його витраті лінійно збільшує його тиск перед пальником відповідно до рівняння стану газу.

Збільшення тиску робочого потоку нелінійно збільшує витрату ежектируемого повітря. Нелінійність може бути пояснюється зміною гідравлічного опору за рахунок зміни режиму течії ежектируемого потоку в каналах теплообмінника і пальника.

Інформаційні джерела:

1. Патент 103475 UA , МПК F23D 14/24 (2006.01); F23D 14/46 (2006.01) Газовий пальник [Текст] / Григор'єв О.А. – № а201505972; заявл.17.06.2015; опубл.25.12.2015, Бюл. №24, 2015р.

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

**УДК 622:691**

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТУРБОДЕТАНДЕРОВ ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ХОЛОДА**

**Никитин И.Ю.**

**Одесская национальная академия пищевых технологий**

Рассматривается проблема энергосбережения в газовой отрасли, которая актуальна в Украине. Значительную часть энергосбережения можно получить при использовании потен-

циальной энергии природного газа, который дросселируется на газораспределительной станции.

Нами рассматривается применение турбодетандера на ГРС вместо традиционного регулятора давления. Газ отдаёт свою энергию и за счёт этого происходит понижение его температуры. После этого газ проходит через теплообменники, где охлаждает хладагент (рассол) (Рис. 1).

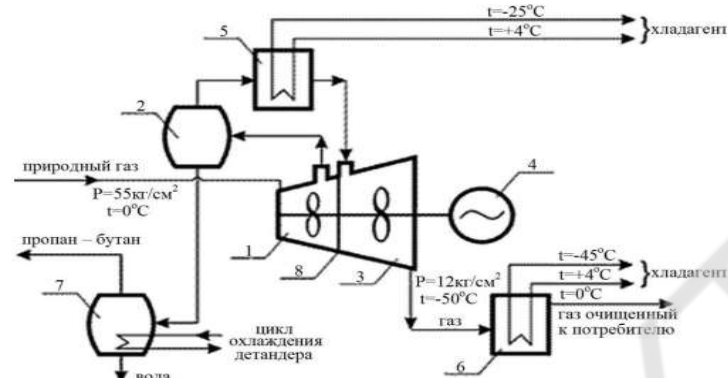


Рис.1 Технологическая схема турбодетандера: 1 – первая ступень детандера; 2 – сепаратор – газ; 3 – вторая ступень; 4 – электрогенератор; 5,6 – теплообменники; 7 – сепаратор – вода; 8 – разделительная перегородка.

Для расчетов холодопроизводительности можно использовать t-S диаграмму R50 (рис.2). При традиционном дросселировании и при использовании турбодетандера расширение газа происходит по адиабатному процессу (без теплообмена в окружающую среду). В отличие от регулятора давления процесс расширения газа в идеальном турбодетандере изэнтропный.

Численное моделирование энергосбережения проводилось в диапазоне изменения давлений газа на входе от 15 бар до 40 бар. При давлении на выходе 3 бара. Температура газа на входе принята 273 К.

Холодопроизводительность  $Q_0$  рассчитываем по формуле (1):

$$Q_0 = (h_2 - h_1) \cdot G \cdot \eta_{ТО} \quad (1)$$

где  $h$  - энтальпия;  $G$  – массовый расход;  $\eta_{ТО}$  – КПД теплообменника.

Результаты расчетов мощности и холодопроизводительности при расходе 3 млн. м<sup>3</sup>/сутки и отношении ( $P_1/P_2$ ) приведены в Рис. 3 и Рис. 4

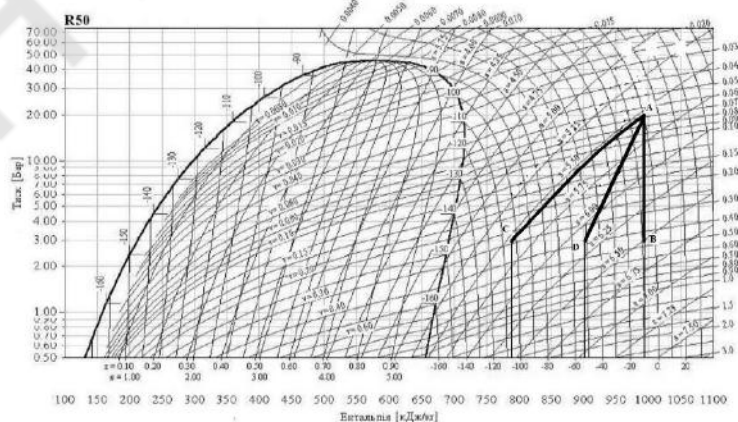


Рис.2 Диаграмма «давление-энтальпия» для метана (R50).

Понижение давления газа: ав – в регуляторе давления; ас – в идеальном турбодетандере; ад – в реальном турбодетандере

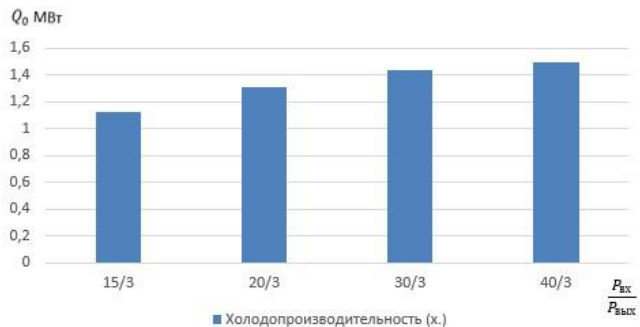


Рис. 3. Показатели идеального турбодетандера (при  $P_{вых}=3$  бара)

Рис. 4. Показатели реального турбодетандера (при  $P_{вых}=3$  бара)

Информационные источники:

1. Гаррис Н.А. Ресурсосберегающие технологии при магистральном транспорте газа / Н.А. Гаррис. – СПб: ООО “Недра”, 2009. – 368 с.

Научный руководитель: Кологривов М.М., к.т.н., доцент, ОНАПТ

УДК 621.316

## РОЗРОБКА ТА РОЗРАХУНОК СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ З ІНТЕГРОВАНИМ ГІДРОАКУМУЛЮЮЧИМ МОДУЛЕМ

Філіпенко О.О., магістр, Бошков Л.З., к.т.н., доцент  
Одеська національна академія харчових технологій

Одна з невирішених проблем сонячної енергетики, що стримує поширення фотоелектричної генерації у світі, полягає в нерівномірному виробленні електричної енергії протягом доби та неможливості оперативного реагувати на добові зміни споживання. Загальноприйнятим шляхом вирішення цієї проблеми вважається застосування потужних хімічних акумулюючих батарей, який, насправді, в значній мірі нівелює екологічний ефект від застосування сонячного випромінювання у якості відновлювального джерела енергії, і до цього значно здорожує проекти ФЕС.

В даній роботі запропоновано альтернативне рішення проблеми акумулювання шляхом створення енергокомплексу в складі фотоелектричної станції і гідроакумулюючої електростанції, в якому вони будуть гармонійно доповнювати одна одну, що дасть можливість безпроблемного інтегрування таких комплексів в існуючу електромережу та дозволить сонячній генерації значно розширити свою долю енергобалансі.

В роботі розроблена фотоелектрична станція з інтегрованим вузлом ГАЕС, при цьому верхній і нижній басейни ГАЕС інтегровані в геометричну структуру ФЕС. Прийнята компоновка має широку гнучкість побудови при різних умовах. Сумарна максимальна потужність дослідженого пілотного проекту модульної електростанції 126 МВт, потужність ГАЕС 42 МВт. У роботі розглянуті шляхи вибору оптимальної геометрії фотоелектричної системи, наводяться рекомендації щодо економічної оптимізації та шляхів практичного впровадження подібних проектів.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЖИДКОСТНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Халак В.Ф., аспирант

Одесская национальная академия пищевых технологий

Основная масса солнечных коллекторов СКж производится из цветных металлов (алюминий, медь) – абсорбер и корпус. Примером такого коллектора может служить

СК-А, изображённый на рис. 2А и 2Б. В качестве абсорбера здесь используются трубы с цельнотянутыми рёбрами, выполненные методом экструзии из алюминиевого сплава. Использование цветных металлов, их обработка и соединение является основным фактором высокой себестоимости металлических СКж. В СК-А трубы абсорбера соединены с гидравлическим коллектором методом аргоновой сварки.

Переход от метало-полимерного солнечного коллектора СК/М-П на использование полимерных материалов в конструкции теплоприемника и прозрачного покрытия СК/П обеспечивает снижение веса и стоимости солнечного коллектора. Использование сотовых поликарбонатных панелей вместо стекла позволяет снизить вес СКж. На Рис. 2В представлен СК-М, в котором стеклянное прозрачное покрытие заменено на поликарбонатную плиту сотовой структуры. При переходе на сотовые поликарбонатные плиты в качестве абсорбера возникают проблемы соединения такого с гидравлическим коллектором, т.к. нужно учитывать колебания температур и, связанные с этим, термические расширения материалов.

До недавнего времени при сравнении альтернативных вариантов традиционно использовался технико-экономический анализ, в котором рассматривались лишь стадии изготовления и эксплуатации оборудования. Последние годы наметилась тенденция проводить анализ оборудования по полному жизненному циклу (ПЖЦ, *англ.* Life Cycle Assessment LCA; т.е. с учётом стадии утилизации). Очень важно проводить параллельный технико-экономический и экологический анализ альтернативных систем, поскольку их внедрение в промышленность часто обосновываются соображениями энергосбережения при эксплуатации, не оговаривая при этом достаточно большие затраты на их создание.

Для оценки были выбраны критерии: влияние ПЖЦ сравниваемых систем на глобальное изменение климата (соответствует полной эмиссии парниковых газов); истощение природных ресурсов при создании, эксплуатации и утилизации систем (соответствует полному потреблению органического топлива и минеральных ресурсов за полный жизненный цикл системы); ущерб, наносимый окружающей природной среде, т.е. соответствующие данному ущербу эко-индикаторы (учитывается отдельно ущерб человеческому здоровью, экосистеме и истощение природных ресурсов). Расчёт выбранных критериев основан на методологии «ECO-INDICATOR 99», а анализ выполнялся с использованием базы данных программы «SimaPro-6». Результат расчёта представлен на Рис.1 (след стр.).

Выводы:

Проведённый анализ свойств полимерных материалов, отвечающих требованиям работы в «открытой» среде под действием солнечного излучения, показал, что одним из наиболее перспективных материалов для создания полимерного СКж является поликарбонат, из которого могут изготавливаться как прозрачное покрытие, так и абсорбер солнечного коллектора. Результаты показывают, что экологическое влияние полимерного коллектора по большинству показателей намного меньше чем для традиционного типа коллектора с использованием в его конструкции цветных металлов, за исключением двух категорий: тяжёлых металлов и твёрдых отходов, где экологическое влияние полимерного коллектора несколько выше, чем традиционного.

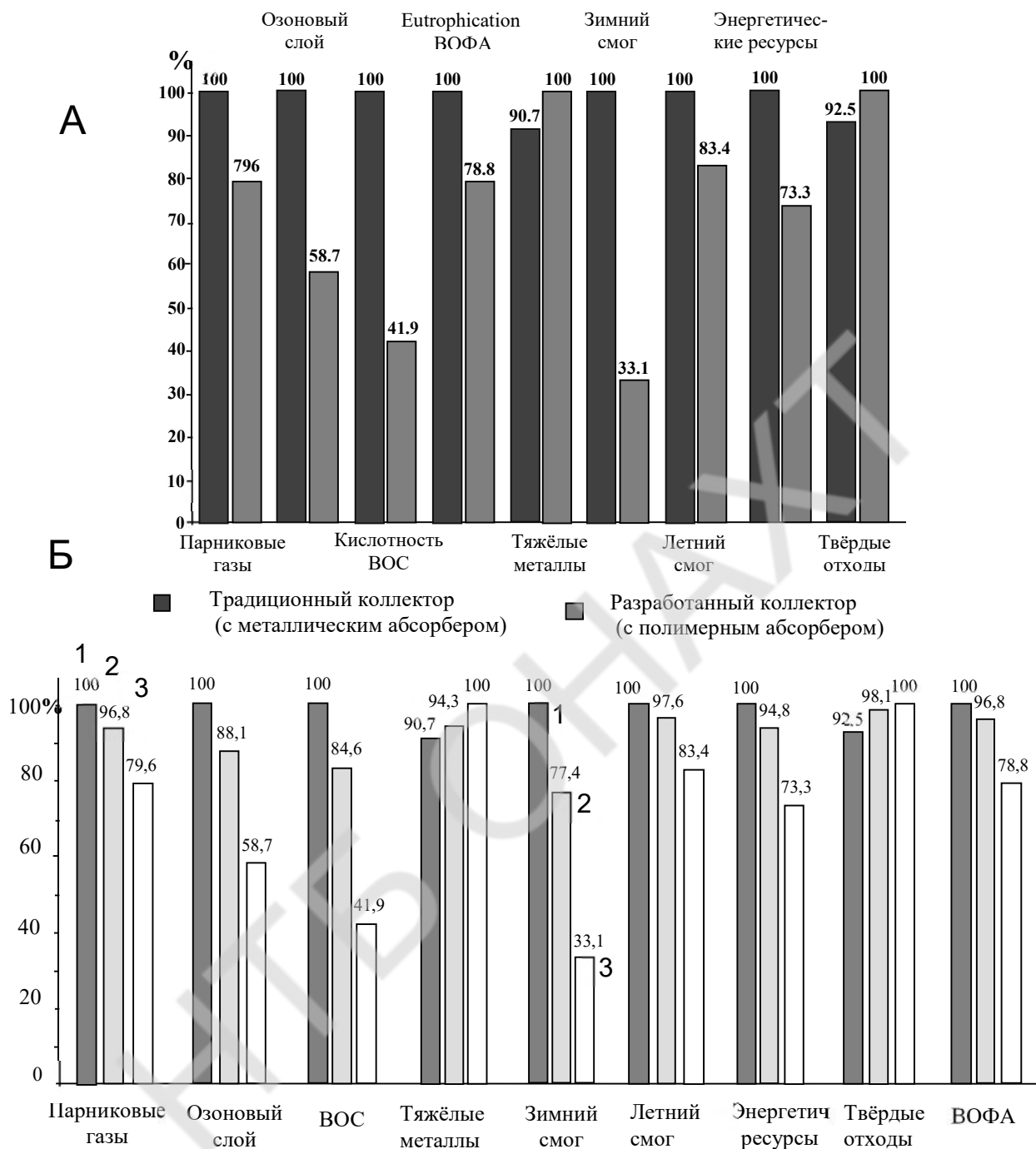
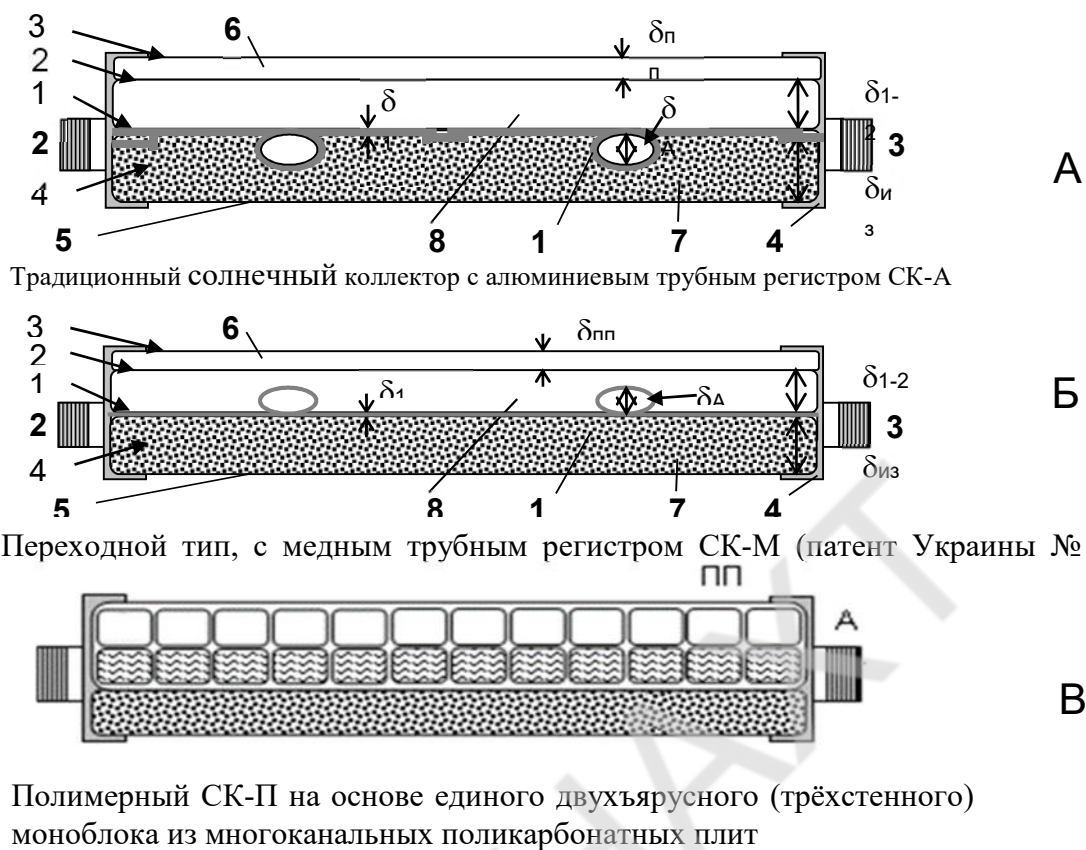


Рисунок 1. Сравнительное влияние на окружающую среду традиционного алюминиевого СК-А и полимерного СК-П типов солнечных коллекторов при расчёте на 1 ГДж производимого тепла (А).

Сравнительное влияние традиционного СК-А (1), переходного типа СК-М (2) и полимерного СК-П (3) типов солнечных коллекторов (Б).



**Рисунок 2.** Принципиальные схемы разработанных плоских водяных солнечных коллекторов.

А - общий вид СК-А; Б - переходной тип СК-М; В – полимерный тип СК-П

Обозначения: 1 – трубный регистр абсорбера (многоканальная полимерная плита для СК-П); 2, 3 – трубы гидравлического коллектора; 4 – корпус СК; 5 – металлический лист; 6 – прозрачная изоляция; 7 – теплоизоляция; 8 – воздушный зазор.

Список литературы:

1. Дорошенко А.В. Альтернативная энергетика. Солнечные системы тепло- и хладоснабжения: монография./ Дорошенко А.В., Глауберман М.А.– Одесса., 2012. – 457 с.
  2. Koltun P., Ramakrishnan R. Thrumarajah A. An Approach to Treatment of Recycling Processes in LCA Study. 4th Australian Life Cycle Assessment Conference, Australia, Sydney, 23-25 Feb., 2005.
- Научный руководитель: Дорошенко А.В., д.т.н., проф.

УДК 536.248.2:532.529.5

## РАЗРАБОТКА СОЛНЕЧНОЙ АБСОРБЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА ССКВ НА ОСНОВЕ ОТКРЫТОГО АБСОРБЦИОННОГО ЦИКЛА И ИСПАРИТЕЛЬНОГО ВОЗДУХООХЛАДИТЕЛЯ

Филипенко А.А., магистр

Одесская национальная академия пищевых технологий

Сопряженные проблемы энергетики и экологии интенсифицируют поиск альтернативных решений в области холодильных и кондиционирующих систем. Интерес к возможностям

испарительных охладителей как прямого, так и непрямого типа в последние годы неуклонно возрастает, что обусловлено их малым энергопотреблением и экологической чистотой [1-2]. Солнечные системы кондиционирования воздуха ССКВ основаны на открытом теплоиспользующем абсорбционном цикле, где предварительное осушение воздуха обеспечивает высокую эффективность его последующей термовлажностной обработки. Разработанные ССКВ охватывают нужды энергетики, химической и пищевой технологий и позволяют решать задачи кондиционирования воздуха не прибегая к традиционной парокомпрессионной технике. Это позволяет существенно улучшить эко-энергетические показатели ССКВ. Суть открытого абсорбционного цикла (рис. 1) заключается в том, что наружный воздух предварительно осушается в условиях непрерывного цикла, так что при этом резко возрастают потенциалы последующего испарительного охлаждения с использованием осушенного в абсорбере (АБР) воздуха, который затем поступает в испарительный охладитель (НИО), где может быть обеспечено получение воздуха с требуемыми параметрами комфортности по температуре и относительной влажности. При этом процесс испарительного охлаждения может быть эффективен безотносительно параметров наружного воздуха (его относительной влажности и влагосодержания), то есть, использован повсеместно для решения задач кондиционирования воздуха, не прибегая к искусственному холоду. Сравнительно с традиционными решениями, с применением парокомпрессионных охладителей сред, такие схемы обеспечивают значительное снижение энергопотребления и высокую экологическую чистоту [1]. Поддержание непрерывности осушительно-испарительного цикла обеспечивается в абсорбционных системах солнечной регенерацией абсорбента в десорбере-регенераторе (ДБР).

На рисунке 2 представлена схема ССКВ, где тепломассообменные аппараты – абсорбер, десорбер, непрямо и прямо испарительные охладители, технологическая градирня – выполнены на основе регулярной насадки с поперечноточной схемой движения потоков газа и жидкости. Это позволяет повысить компактность аппаратов, уменьшить габариты установки в целом и, благодаря низкому аэродинамическому сопротивлению аппаратов, снизить расход энергии на привод вентиляторов

Перспективность практического использования альтернативных солнечных систем определяется их следующими достоинствами: экологическая чистота (проблема глобального потепления, озонобезопасность и пр.); в работах [14], на основании методологии «Полный жизненный цикл», были показаны высокие экологические преимущества осушительно-испарительных охладителей в сравнении с традиционными парокомпрессионными охладителями; Сравнительно низкие энергозатраты (примерно в два раза ниже по сравнению с парокомпрессионными охладителями по данным зарубежных исследований и в работах, выполненных в ОНАПТ [1-2])

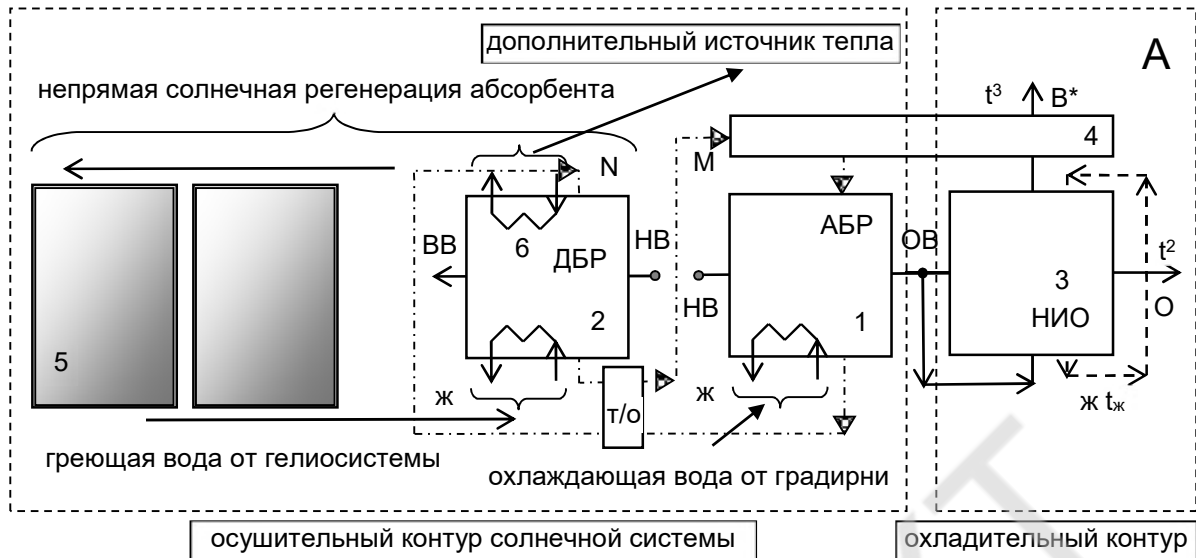
#### Литературные источники

1. А.В. Дорошенко, М.А. Глауберман. Альтернативная энергетика. Солнечные системы тепло-хладоснабжения: монография. - Одесса: ОНУ, 2012. - 446 с
2. А.В. Дорошенко, К.В. Людницкий. Солнечные абсорбционные холодильные системы. Принцип построения и анализ возможностей. Физика аэродисперсных систем. – 2015. – №52. – С. 34-46.

#### Научные руководители:

*докт. техн. наук, проф. к-ры термодинамики и возобновляемой энергетики Одесской национальной академии пищевых технологий Дорошенко А.В.*

*канд. техн. наук, доц. к-ры термодинамики и возобновляемой энергетики Одесской национальной академии пищевых технологий Демьяненко Ю.И.*



Б

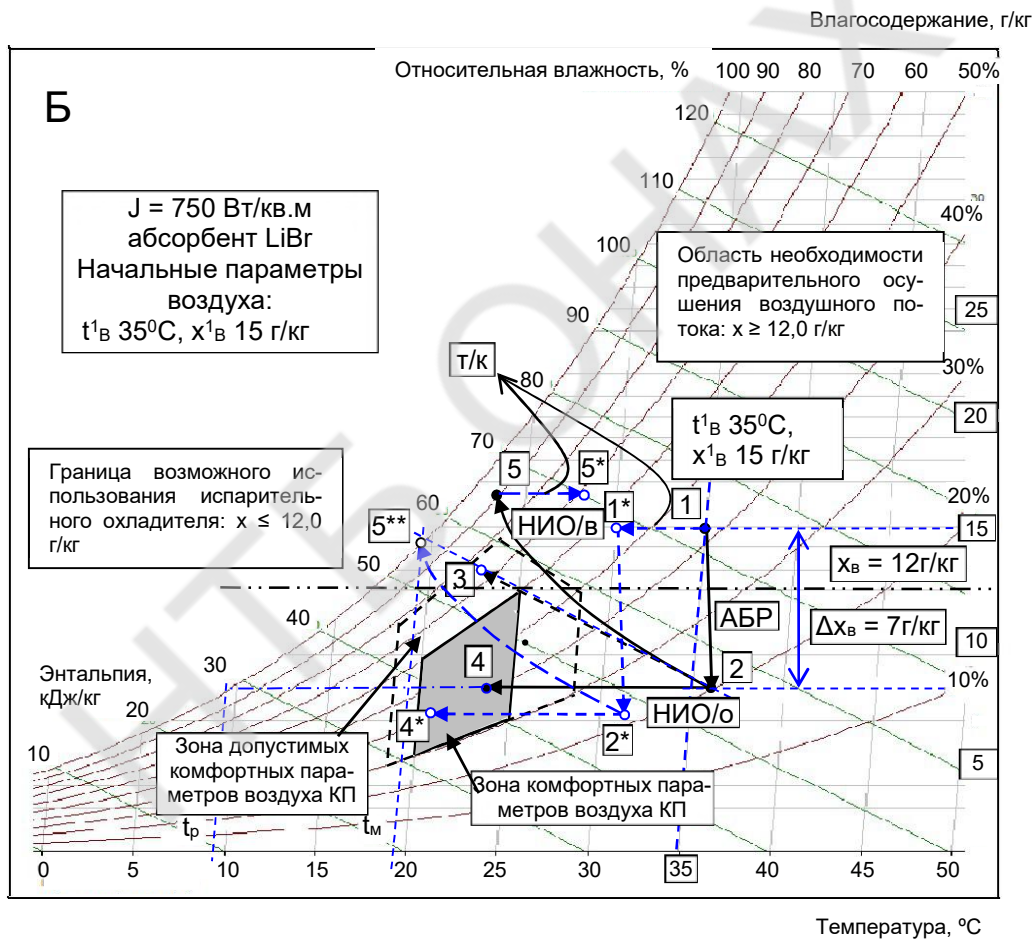


Рисунок 1. А – Принципиальная схема ССКВ. Обозначения: 1 – абсорбер-осушитель наружного воздуха АБР; 2 – десорбер-регенератор ДБР; 3 – испарительный воздухоохлаждатель непрямого типа НИОг; 4 – теплообменник; 5 – солнечная система, обеспечивающая процесс регенерации абсорбента; 6 – дополнительный греющий источник. НВ (П) – наружный воздух; ОВ – осушенный воздух; О – воздух, прошедший термовлажностную обработку в НИО; В – «вспомогательный» воздушный поток; N, M – крепкий и слабый растворы абсорбента. Б – Процессы термовлажностной обработки воздуха на Н-Т диаграмме влажного воздуха

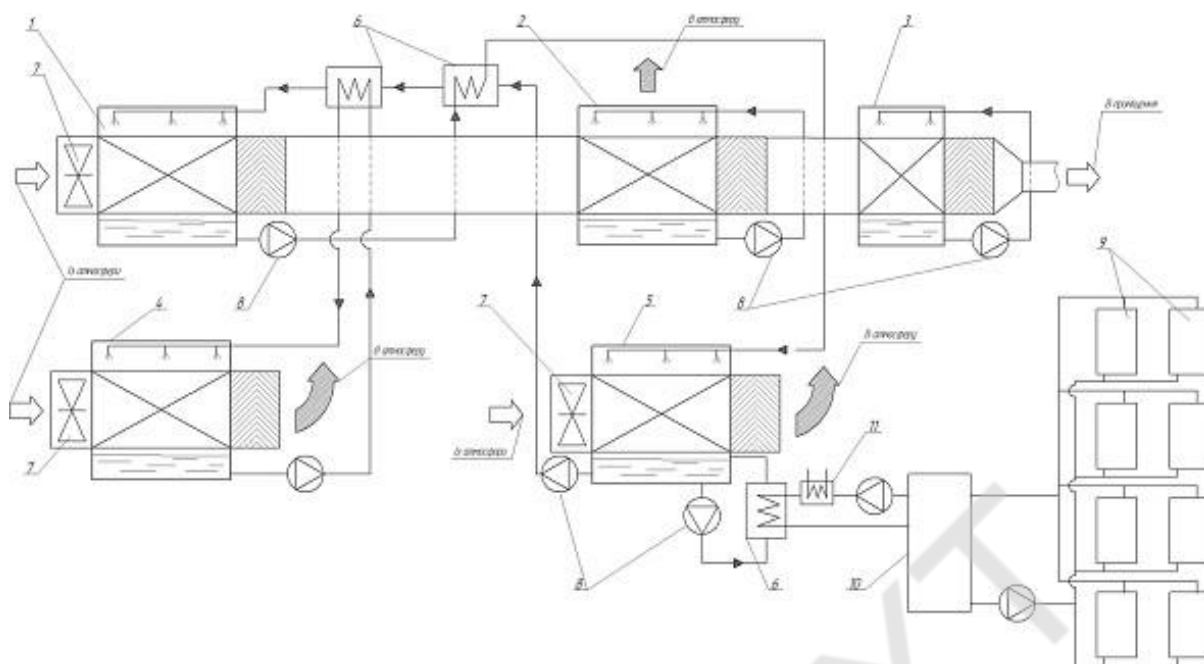


Рисунок 2 – Технологическая схема установки ССКВ

1 – абсорбер; 2 – непрямої испарительний охладитель; 3 – прямої испарительний охладитель; 4 – градирня технологическая; 5 – десорбер; 6 – теплообменники; 7 – вентиляторы; 8 – насосы; 9 – гелиополе; 10 – бак-аккумулятор; 11 – дополнительный источник тепла

УДК: 622.276

## ПЕРСПЕКТИВИ ПОПЕРЕДНЬОГО ОХОЛОДЖЕННЯ ГАЗУ ПЕРЕД СТИСНЕННЯМ НА КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЯХ

Платонов С.П., студент, Сагала Т.А., к.т.н., ст.викл.  
Одеська національна академія харчових технологій

Газотранспортна система України складається з густої мережі газових комунікацій, служб для подачі газу як внутрішнім споживачам, так і для транзиту блакитного палива в країні Західної Європи. Для транспортування природного газу по сталевих магістралях на численних компресорних станціях (КС) встановлено потужні газоперекачувальні агрегати (ГПА), енергоносієм для яких, в більшості випадків, є природний газ, що транспортується. Тому на привод перекачувальних агрегатів витрачається 0,5 - 1,5% від обсягу газу, що транспортується. Енергетична ситуація, яка склалася в Україні, вимагає економного використання енергоносіїв.

Метою даного дослідження є вивчення перспектив застосування попереднього охолодження природного газу перед стисненням в газоперекачувальних агрегатів з метою ресурсозбереження.

Завдання дослідження: провести аналіз сучасного стану типових газотранспортних систем і нагнітального обладнання; провести аналіз і вибір тепловикористовуючих холодильних машин для вирішення завдань утилізації тепла відхідних газів ГПА; провести аналіз сучасного стану розрахункових методик ГПА в складі КС і оцінити можливість їх застосування в цьому дослідженні; розробити методику розрахунку і провести оцінку енергетичних перспектив попереднього охолодження природного газу перед стисненням в ГПА.

В рамках даної роботи пропонується проводити попереднє (перед стисненням в нагнітачі) охолодження природного газу на компресорній станції, яке дозволяє знизити витрату паливного газу для роботи нагнітача.

Запропоновано для організації режиму охолодження використовувати штучний холод, що виробляється тепловикористовуючою абсорбційною водоаміачною холодильною машиною (АВХМ) (рис. 1), яка в свою чергу, працює на газах газотурбінного агрегату.

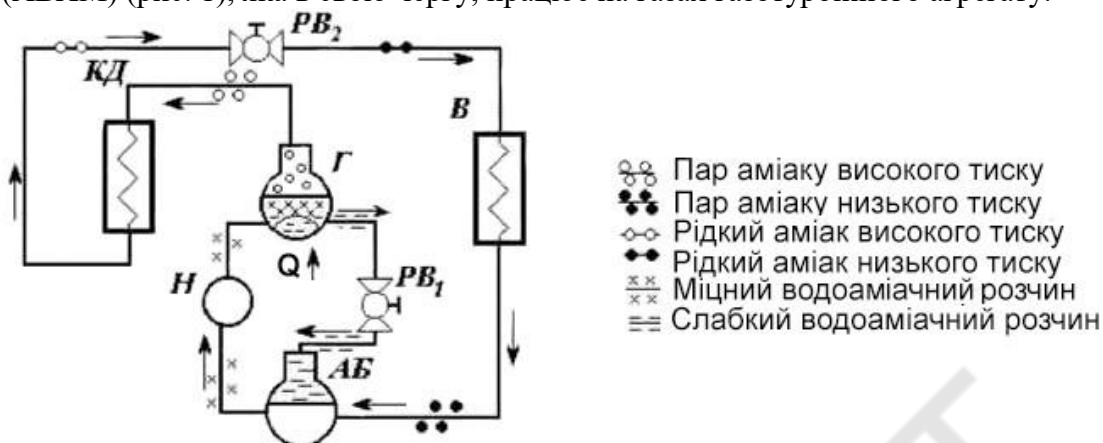


Рисунок 1 – Схема абсорбційної водоаміачної холодильної машини

Для охолодження газу перед газотурбінним агрегатом використовується теплообмінник типу «труба в трубі» з проміжним теплоносієм – розсолем. Викид теплоти розсолу здійснюється в випарнику АВХМ.

Розрахунки проводились для 4-х значень температур газу на всмоктуванні: 275; 285; 292,5; 300 К. Результати розрахунків режимів роботи КС зведені в таблицю 1.

З довідкових характеристик газотурбінний двигун ДН-70 на 1 кВт потужності на валу турбіни споживає 0,2 кг/год паливного газу. Будемо вважати рівень температур на всмоктуванні 285 К реально досяжним за допомогою АВХМ з досить високим температурним напором між потоками газу і розсолу. Прийемо за базовий режим: температура газу на всмоктуванні 292,5 К, при якій нагнітач працює тривалий час в році. В цьому випадку використання штучного охолодження потоку газу перед всмоктуванням дає економію витрат паливного газу 79 кг/год.

Таблиця 1 – Результати розрахунків робочих параметрів нагнітача газу

Найменування параметра / характеристики	Температура на всмоктуванні, К			
	275	285	292,5	300
Наведена температура	1,427	1,479	1,518	1,557
Коефіцієнт стисливості	0,862	0,881	0,893	0,903
Густина газу на всмоктуванні, кг/м <sup>3</sup>	52,60	49,70	47,77	46,05
Наведена об'ємна витрата газу на всмоктуванні, м <sup>3</sup> /хв	215	210	200	190
К.к.д. нагнітача	0,81	0,81	0,80	0,78
Фактична частота обертання ротора нагнітача, 1/хв	5177	5301	5566	5859
Внутрішня потужність, споживана нагнітачем, кВт	3733	3787	4179	4698
Температура кінця стиснення, К	291	302	310,5	319

#### Висновки

1. Відповідно до розробленого алгоритму був виконаний розрахунок нагнітача Н-300-1,23 для різних температур (275, 285, 292,5 і 300 К) природного газу перед компримуванням. Показано, що:

а) починаючи з 300 К до 285 К має місце лінійне падіння індикаторної потужності стиснення, а в діапазоні 275-285 К падіння сповільнюється;

б) в досліджуваному діапазоні температур газу перед компримуванням (275-300 К) має місце лінійне підвищення температур після стиснення, відповідно, від 290 К до 320 К;

в) використання штучного охолодження потоку газу перед всмоктуванням дає економію витрат паливного газу 79 кг/год.

Літературні джерела

1. Бараненко А.В., Тимофеевский Л.С., Долотов А.Г., Попов А.В. Абсорбционные преобразователи теплоты. – СПб, 2005. – 337с.

2. Трубопроводный транспорт газа. М.П. Ковалко, В.Я. Грудз, В.Б. Михалків, Д.Ф. Тимків, Л.С. Шлапак, О.М. Ковалко; за редакцією М.П. Ковалка. – Київ: Агентство з раціонального використання енергії та екології, 2002. – 600 с.

## **АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМ УЛОВЛЮВАННЯ ВУГЛЕВОДНІВ ПРИ ЗБЕРІГАННІ НАФТОПРОДУКТІВ**

**Павлів Л.В., магістр**

**Одеська національна академія харчових технологій**

Боротьба з втратами нафтопродуктів – один з важливих шляхів економії паливно-енергетичних ресурсів, що відіграють провідну роль в розвитку економіки. Основним видом втрат нафти і нафтопродуктів (далі – бензинів), що повністю не можна усунути на сучасному рівні розвитку транспортних засобів і зберігання вуглеводнів, є втрати від випаровування з резервуарів та інших ємностей. Збиток, нанесений цими втратами, є як економічним, так і екологічним.

Основною причиною втрат нафтопродуктів (бензинів в нашому випадку) є значна невідповідність між властивостями нафтопродуктів, конструкцією та обладнанням резервуарів.

У негерметичному резервуарі випаровування відбувається практично безперервно, тому що частина пароповітряної суміші (ППС) постійно витісняється в атмосферу за рахунок різниці тисків в резервуарі й поза ним, через наявні отвори, негерметичну арматуру. Інший вид втрат виникає при операціях зберігання, зливу / відпуску палива. Втрати можна розподілити на наступні групи в залежності від причин, що їх викликають:

- втрати від насичення (так звана перша стадія). Обумовлені насиченням пароповітряної суміші (ППС) парами вуглеводнів. Відбуваються тільки при заповненні резервуару вперше після будівництва чи дегазації, або коли газовий простір резервуару насичено парами нафтопродукту через інтенсивне спорожнення. Процес насичення ГП парами бензину уповільнений в часі і газовий простір резервуара залишається ненасиченим під час спорожнення і при простоянні резервуара. Донасичення ГП резервуара відбувається вже після часткового його заповнення під час закачування, дихальний клапан після закінчення «великого дихання» не закривається – відбувається подальше витіснення ППС в результаті «зворотного видиху» (донасичення ГП парами вуглеводнів).

- втрати від «великих подихів» (ВП) – це втрати, зумовлені витісненням ППС (насиченої, як правило, парами бензину) з резервуара при його закачуванні (заповненні);

- втрати від «малих подихів» (МП). Викликаються щодобовими коливаннями температури, барометричного (атмосферного) тиску і парціального тиску парів бензину в газовому просторі (ГП) резервуара.

- втрати від «зворотного видиху». При викачуванні нафтопродукту (продаж бензину автовласникам) з ємності з ППС, насиченої парами, у резервуар, що звільнюється, всмоктується атмосферне повітря. При цьому концентрація парів в ГП зменшується і починається випаровування нафтопродукту. У момент закінчення викачування парціальний тиск парів в ГП зазвичай не буває значно менше тиску насичених парів за даної температури. Це призводить до додаткового випаровування бензину з поверхні нафтопродукту, через що внутрішній тиск підвищується і відбувається витіснення певної кількості ППС («зворотний видих»)

Скорочення втрат від випаровування здійснюють різними методами і способами, які

можна поділити на п'ять груп:

I група – конструкції, які зменшують об'єм газового простору. Всі види втрат нафти і нафтопродуктів знаходяться в прямої залежності від газового об'єму, тому чим менше газовий об'єм, тим менші втрати від випаровування;

II група – зберігання під надлишковим тиском. Очевидно, що при зберіганні під надлишковим тиском, необхідно, аби резервуар мав необхідну герметичність;

III група – заходи по зниженню амплітуди коливань температури газового простору резервуару (покриття поверхні резервуару відбиваючими фарбами, охолодження резервуару водою);

IV група – уловлювання парів нафтопродуктів. До цієї групи відносять газові обв'язки і системи конденсації парів вуглеводнів;

V група – організаційно-технічні заходи.

Для аналізу ефективності засобів та заходів скорочення втрат вуглеводнів при стандартних умовах було обрано наступні варіанти, які сприятимуть збереженню нафтопродукту, екологічної та техногенної безпеки, а саме: встановлення понтону та плаваючої покрівлі, емульсії на основі латексу на поверхні нафтопродукту, наявності конденсаційної системи, зберігання під тиском, наявність дисків відбивачів, система уловлювання легких фракцій з використанням рідинно-газових струменевих апаратів (РГСА) та газозрівнювальна система (ГЗС). Результати розрахунків зведені в таблиці 1.

Засоби та методи скорочення втрат	Ефективність, %
Система конденсації	98,9
ГЗС	97,8
РВСП	85,9
РВСПП	87,1
Зберігання під тиском	27,3
Система УЛФ з використанням РГСА	85,7
Диски відбивачі	19,3
Емульсії на поверхні	18,4

Таблиця 1- результати розрахунків систем уловлювання вуглеводнів

Отже, зробивши порівняння вищевказаних методів, можна дійти висновку, що найефективнішими являються методи і засоби I та IV груп, проте можливе комбінування різних груп, тому не можна сказати остаточно, які заходи матимуть найбільший як економічний так й екологічний ефекти. Необхідно також враховувати металовкладення в обладнання резервуарів, капітальні та експлуатаційні витрати при їхній роботі, які теж немало важливі, оскільки к.к.д. системи уловлювання можна досягти майже 100%, проте вкладення в неї грошових одиниць може виявитись більшим ніж вартість збереженого продукту і т.д. Тому для вибору систем уловлювання вуглеводнів, керуючись кліматичними умовами, географічним положенням, типом нафтопродукту, режимом роботи резервуарних парків, а головне метою і основним завданням, необхідно створити модель, яка за конкретних умов могла би досягти поставленої цілі.

1. П. И. Тогунов, В. Ф. Новоселов. Транспорт и хранение нефти и газа. М., «Недра», 1975, 248 с.

2. П. И. Тогунов, В. Ф. Новоселов. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов. Учеб. Пособие для вузов. М., «Недра», 1981, 184 с.

3. <http://chem21.info/info/1472105/>

4. <http://ros-pipe.ru/clauses/klassifikatsiya-poter-nefteproduktov-i-puti-ikh-so/>

*Кологривов М.М., к.т.н, доцент кафедри теплоенергетики та трубопровідного транспорту енергоносіїв*

## МОДЕРНІЗАЦІЯ КОТЛА ПТВМ-50

Тумбуркат К.Ф., Борисов В.О., студенти  
Одеська національна академія харчових технологій

Актуальною проблемою сучасних міст в умовах високих темпів житлового будівництва стала гостра нестача площ забудови, яка сформувала зростаючий попит на технічні рішення реконструкції та модернізації теплоенергетичного обладнання в межах існуючих площ теплових систем.

Котли серії ПТВМ призначені для отримання гарячої води з температурою до  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  в окремо розташованих котельнях для використання в системах опалення, вентиляції та гарячого водопостачання об'єктів промислового та побутового призначень і на ТЕЦ (рис.1). ПТВМ - піковий теплофікаційний водогрійний газомазутний, тобто може бути використаний для покриття пікової частини графіка теплових навантажень, встановлюються на районних теплових станціях.

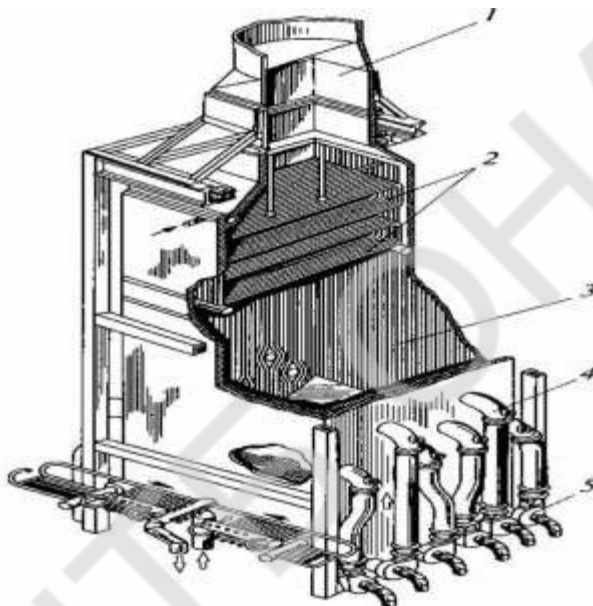


Рис.1 Водогрійний котел ПТВМ – 50

1 – димова труба; 2 – конвективна поверхня нагріву; 3 – камерна топка; 4 – мазутний паливник; 5 – вентилятор.

За останні роки спостерігається зростаючий попит на модернізацію існуючих котельнь, що дає можливість підвищити теплову потужність при збереженні котельної осередки, поліпшити техніко-економічні характеристики, а також екологічні показники відповідно до жорстких сучасних норм, використовувати сучасні системи автоматизації; сучасними нормами, встановити нові паливники з поліпшеними екологічними характеристиками. У зв'язку зі зростаючими вимогами до охорони навколишнього середовища ведеться постійна робота по поліпшенню екологічних показників устаткування, що випускається, з впровадженням ряду заходів щодо зниження вмісту шкідливих викидів.

Модернізація котла ПТВМ – 50 здійснюється шляхом заміни паливників, з використанням існуючих схем роботи існуючого допоміжного устаткування (схема підведення повітря, схема відведення димових газів і т.д.), що призводить до зміни аеродинамічної структури всередині топкового простору та підвищенню ефективності роботи котла. В котлах даного типу

використовуються мазутні пальники, в якості пального використовуючи мазут, продукти горіння якого наносять значний вплив оточуючому середовищу. Тому, доцільно провести модернізацію котла з заміною мазутного пальника на мікродифузійний газовий пальник серії МДГГ, що працює на природному газі та дозволяє підвищити роботу котельної до 20 %.

Завдяки впровадженню заходів реконструкції та модернізації водогрійний котел отримує нове життя, демонструючи відмінні показники якості, надійності, безпеки, екологічності відповідно до сучасних вимог і норм.

Інформаційні джерела:

1. Липов, Ю. М. Котельные установки и парогенераторы: учебн.пособ. // Ю.М. Липов, Ю.М. Третьяков. 2006г, – 592 с.

*Науковий керівник: к.т.н. Георгієш К.В., ОНАХТ*

**УДК 539.422.33**

## **ВПЛИВ ВОДНЕВОЇ КРИХКОСТІ МАТЕРІАЛУ НА РОБОТУ ГАЗОПРОВОДУ**

**Георгієш К.В., к.т.н.<sup>1</sup>, Георгієш С.М.<sup>2</sup>**

**<sup>1</sup> - Одеська національна академія харчових технологій**

**<sup>2</sup> – ДП «НДІ «Шторм»**

Газотранспортна система України одна з найстаріших в Європі та має у своєму складі 58% газопроводів із терміном експлуатації від 15 до 50 років, майже 6 тис. км газопроводів відпрацювали свій амортизаційний строк 33 роки, а значна частина газопроводів має антикорозійне покриття з полімерних плівок холодного нанесення. Це вимагає значних обсягів капітального ремонту та реконструкції газопроводу.

Середній час експлуатації газопроводів України складає 20 років. За такий проміжок часу відбуваються процеси, що призводять до зміни фізико-механічних властивостей металу. Ці зміни викликані пульсуючими навантаженнями на газопровід, агресивним корозійним середовищем, а також робочим тиском та концентраторами напружень.

На основі проведення діагностичного контролю та ремонтних робіт було встановлено, що основними причинами, що викликають передчасну руйнацію магістральних трубопроводів є концентратори навантажень механічного походження (надрізи, подряпини, конструктивні дефекти та інш.) та дефекти, утворенні внаслідок тривалого контакту металу та корозійного середовища.

У зв'язку з великою небезпекою під час аварій на магістральному газопроводу велику увагу приділяють методам оцінки схильності матеріалів та зварних з'єднань до водневої крихкості, що характеризує тривалість корозійно-втомної міцності газопроводу.

При напружено-деформованому стані трубопроводу, метал здатен акумулювати більшу кількість водню, який може виділятися під час катодного захисту газопроводу та призводити до водневої крихкості, що починається на внутрішній поверхні газопроводу в зоні сплавлення шва з основним металом, а потім поширюється по металу шва до зовнішньої поверхні.

Наводнення газопроводу виникає під час його спорудження через технологічні операції ручного електродугового зварювання плавленням та різній розчинності водню у сталі залежно від температури. Концентраційний градієнт розчиненого водню, виникає як результат взаємодії розплавленого електродного металу та холодним основним металом труби за умов високої концентрації водню в атмосфері. Молекулярний водень  $H_2$ , що утворився в результаті реакції, сприяє розвитку високих напружень, значення яких більше, а ніж границі міцності металу, що призводить до утворення локальних тріщин. Вплив водню на працездатність зварних з'єднань

оцінюють за зміною властивостей зони термічного впливу.

Зменшення опору основного металу та зварного шва під навантажень пов'язане з інтенсифікацією прояву низькоенергетичних мікромеханізмів руйнування, що призводять до зменшення у поверхневих шарах схильності до пластичного деформування у мікрооб'ємах та їх мікрозернистих зв'язках, що призводить до зменшення довговічності магістральних трубопроводів.

Ефективність експлуатації лінійної ділянки газопроводу можливо підвищити шляхом правильного встановлення термінів роботи, а також своєчасного діагностування магістральних ділянок газопроводу.

Інформаційні джерела:

1. Панасюк, В.В. Концепція декогезивного впливу водню на метали [Текст] / В.В. Панасюк // Фізико-хімічна механіка матеріалів – 2014 р. – Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка, 2014. - №2. – С.7-15.

2. Грудз, В.Я. Технічна діагностика трубопровідних систем: монографія / В.Я. Грудз та інш. // Івано-Франківськ: Лілея\_НВ, 2012. – 512 с.

**УДК 621.565.92.013:621.565.58(088.8)**

## **АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЕКСЕРГЕТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ХОЛОДИЛЬНЫХ АППАРАТОВ КОМПРЕССИОННОГО И АБСОРБЦИОННОГО ТИПА**

**Биленко Н.А.**

**Одесская национальная академия пищевых технологий**

Оценка термодинамического совершенства реальных процессов в энергетической установке имеет важное значение, ибо чем энергетически совершеннее процесс, тем меньше затраты первичного органического топлива на его осуществление.

Представленная методика предназначена для использования при разработке и проектировании новых схем и конструкций бытовых абсорбционно-диффузионных бытовых холодильных аппаратов (АДБХА).

Новый подход к анализу позволяет снизить затраты первичной тепловой энергии, по сравнению с существующими АДБХМ, в ~ 3 раза, а по сравнению с компрессионными моделями – в 1,7 раза. Анализ проводился на примере отечественного бытового абсорбционного морозильников АМЛ-180 типа «Стугна» емкостью 180 л производства Васильковского завода холодильников.

Так как анализ носил сравнительный характер, рассматривались два типа морозильников: АДМ – абсорбционно-диффузионный и КМ – компрессионный.

Сравнение производилось для обоих возможных вариантов работы морозильников: первый – АДМ и КМ работают от сетевой энергии; второй – КМ работает от сетевой электроэнергии, а АДМ – от горелочных устройств, в которых сжигается органическое топливо. Использовалась общепринятая методика расчета эксергетических потерь в отдельных элементах энергетических и холодильных установок.

Общий эксергетический КПД определялся как сумма потерь на отдельных элементах.

При проведении анализа приняты следующие начальные параметры:

- температура в морозильных камерах минус 18 °С;
- температура окружающей среды 32 °С;
- температурные напоры в теплообменных аппаратах 5...10 °С;
- КПД мотор-компрессора: индикаторный - 0,45; механический - 0,7 и электрический - 0,8;

- среднестатистический КПД получения и транспортировки электроэнергии ( в условиях Украины) – 0,3;
- КПД горелочных устройств 0,84.

В результате анализа получены следующие выводы:

при работе аппаратов от сетевой электроэнергии термодинамические преимущества имеют компрессорные модели; при этом основные потери имеют место в процессах получения и транспортировки электроэнергии;

для АДБХА, в отличие от компрессионных, имеется способ улучшить эксергетические показатели путем использования в качестве источника энергии органического топлива; при этом возрастают потери в термосифон – генераторе, однако, ввиду отсутствия потери при транспортировке энергии, общий эксергетический КПД АДМ увеличивается ~ в 3 раза, а по сравнению с компрессионными моделями в ~ 1,7 раза; во столько же раз уменьшается расход первичного топлива, что весьма существенно в условиях Украины.

*Научный руководитель – заведующий кафедрой теплоэнергетики и трубопроводного транспорта ОНАПТ, д-р. техн. наук, профессор Титлов А.С.*

**УДК 621.5.043**

## **РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АБСОРБИЦИОННЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ УСТАНОВОК НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ИХ ЭЛЕМЕНТАХ**

**Биленко Н.А.**

**Одесская национальная академия пищевых технологий**

Оценка термодинамического совершенства реальных процессов в энергетических, холодильных и энерготехнологических установках имеет важное значение, ибо чем термодинамически совершеннее процесс, тем меньше затраты топлива на его осуществление.

Стандартом для сравнения реальных процессов служат идеальные (практически не достижимые) процессы, в которых получаемая механическая работа максимальна, а затрачиваемая – минимальна.

Разность между работой в обратимом и реальном процессах (в случае получения механической энергии) и наоборот (в случае затраты механической энергии) является термодинамической потерей, или потерей эксергии в реальном процессе.

Под эксергией потока рабочего тела понимается та максимальная работа, которая могла бы быть получена теоретически при переходе рабочего тела из данного состояния (характеризующегося параметрами с индексом «1») к состоянию полного равновесия с окружающей средой (характеризующегося параметрами с индексом «0»).

Эксергия вычисляется как:

$$e_1 = (i_1 - i_0) - T_0 \cdot (s_1 - s_0), \quad (1)$$

где  $T_0$  – температура окружающей среды;

$i_0, s_0$  – параметры рабочего тела при температуре окружающей среды.

В случае термодинамического цикла для получения механической энергии за счёт теплоты  $Q_1$ , подводимой к рабочему телу от горячего источника при температуре  $T$ , можно говорить об эксергии этой теплоты. Она будет равна максимальной работе термодинамического цикла, состоящего из обратимых термодинамических процессов, осуществляющихся между горячим источником с температурой  $T$  и холодным источником с температурой  $T_0$ . Эксергия

этой теплоты, в соответствии с положениями Карно, выразится как:

$$E_T = Q_1 - T_0 \int_1^2 \frac{dQ}{T} = Q_1 - T_0 \cdot \Delta S_T, \quad (2)$$

где  $\Delta S_T$  – изменение энтропии горячего источника при отводе от него теплоты  $Q_1$ .

Эксергия работы тех видов энергии, которые прямо (либо косвенно) теоретически полностью превращаются в механическую энергию, численно равна самой работе этих видов энергии. К ним относятся электрическая энергия или энергия химических связей (последняя теоретически полностью превращается в электрическую энергию в топливных элементах).

Термодинамическая (или эксергетическая) потеря  $\Pi_i$  в каком-либо процессе, который осуществляется в данном элементе установки, вычисляется по формуле Клаузиса:

$$\Pi_i = T_0 \cdot \left( \sum \Delta s \right)_i, \quad (3)$$

где  $(\sum \Delta s)_i$  – сумма изменений энтропии всех тел, участвующих в процессе.

Под эксергетическим КПД  $\eta_{ei}$  какого-либо элемента установки, в котором осуществляется данный процесс, понимается отношение:

$$\eta_{ei} = \frac{\left( \sum E_{\text{вх}} \right)_i}{\left( \sum E_{\text{ex}} \right)_i}, \quad (4)$$

где  $\left( \sum E_{\text{вх}} \right)_i$  – сумма всех видов эксергии на входе в элемент установки;

$\left( \sum E_{\text{ex}} \right)_i$  – то же, на выходе из элемента установки.

Очевидна связь между этими величинами:

$$\eta_{ei} = 1 - \frac{\Pi_i}{\left( \sum E_{\text{ex}} \right)_i}. \quad (5)$$

Под эксергетическим КПД энергетической установки (прямой термодинамический цикл) понимается отношение величины реально полученной электроэнергии  $L_{\text{э}}$  к эксергии того вида энергии, который подведен в установку  $E_{\text{ex}}$ :

$$\eta_e^{\text{эв}} = \frac{L_{\text{э}}}{E_{\text{ex}}}. \quad (6)$$

Применительно к энергетической установке на органическом топливе выражение (6) с учётом (2), приобретает вид:

$$\eta_e^{\text{эв}} = \frac{L_{\text{э}}}{b \cdot Q_p^{\text{н}}} = \eta_{\text{э}}, \quad (7)$$

т.е. превращается в обычный, т.н. «электрический» КПД установки.

Под эксергетическим КПД холодильной установки (обратный термодинамический цикл) понимается отношение величины минимально необходимой работы  $L_{\text{min}}$  для получения холодильного в диапазоне температур  $T_X \dots T_0$  ( $T_X$  – температура в холодильной камере) к сумме эксергии всех видов энергии, подведенных в холодильную установку  $\sum E_{\text{ex}}$ , т.е.:

$$\eta_e^X = \frac{L_{\text{min}}}{\sum E_{\text{ex}}}. \quad (8)$$

Очевидно, что величина  $L_{\text{min}}$  равна работе, затрачиваемой в обратном цикле Карно при верхней температуре  $T_0$  и нижней температуре  $T_X$ . С учётом всего сказанного, из (8) следует, что:

$$\eta_e^X = \frac{Q_0}{\sum E_{ex}} \cdot \left( \frac{T_0}{T_X} - 1 \right). \quad (9)$$

Применительно к парокомпрессионной холодильной установке, для которой источником энергии является электрическая энергия, выражение (9) с учётом (2), приобретает вид:

$$\eta_e^{XK} = \varepsilon_{\mathcal{E}} \cdot \left( \frac{T_0}{T_X} - 1 \right), \quad (10)$$

где  $\varepsilon_{\mathcal{E}} = \frac{Q_0}{L_{\mathcal{E}}}$ , – эффективный холодильный коэффициент установки.

Применительно к теплоиспользующим холодильным установкам (абсорбционным и парожеткторным холодильным установкам), для которых источниками энергии являются тепло невысокого потенциала  $Q_{\Gamma}$  и электрическая энергия  $L_{ЭН}$ , выражение (9) с учётом (2) и (3), приобретает вид:

$$\eta_e^{XT} = \zeta_T \cdot \frac{\left( \frac{T_0}{T_X} - 1 \right)}{1 - \frac{T_0 \cdot \Delta S_{\Gamma} - L_{ЭН}}{Q_{\Gamma}}}, \quad (11)$$

где  $\Delta S_{\Gamma}$  – изменение энтропии источника низкопотенциального тепла;

$\eta_T = \frac{Q_0}{Q_{\Gamma}}$  – тепловой коэффициент холодильной установки.

Для постоянной температуры низкопотенциального источника  $T_{\Gamma} = const$  (либо для сред-

неинтегральной температуры  $T_{\Gamma} = \frac{\int_1^2 \frac{dQ}{T}}{\Delta S_{\Gamma}}$  при переменности температуры низкопотенциального источника), выражение (11) с учётом пренебрежимо малой затраты энергии на насосы ввиду несжимаемости жидкости, упрощается и приобретает вид:

$$\eta_e^{XT} = \zeta_T \cdot \frac{T_{\Gamma} \cdot (T_0 - T_X)}{T_X \cdot (T_{\Gamma} - T_0)}. \quad (12)$$

*Научный руководитель – заведующий кафедрой теплоэнергетики и трубопроводного транспорта ИХКЭ ОНАПТ, д-р. техн. наук, профессор Титлов А.С.*

## АНАЛІЗАТОР ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ, МЕТОДИ ФІКСУВАННЯ ЧАСТОК

**Черниш Б.Б., аспірант, Мазур В.О., д.т.н., професор  
Одеська національна академія харчових технологій**

На протязі багатьох років в Одеському національному університеті ім. І.І. Мечникова, а в наступні роки - з участю ТОВ Новатек-електро (Одесса), розробляються оптичні ме-

тоди діагностики диспергованих систем різного типу, створюються лабораторні стенди та готові прилади. В першу чергу це стосується експрес-вимірювань розміру часток і розподілу за розміром, тобто визначення гранулометричного складу. Для таких вимірювань широко використовується відомий принцип SPOS- метод, при якому потоки часток, взвішаних, наприклад в повітрі, освічуються інтенсивним світлом, і з допомогою високочутливого фотоелемента реєструється світловий (спалах) відображений від кожної частинки, (розсіяне світло або тінь частинки). Такий підхід висвітлений в аббревіатурі окремим принципом, а саме SPOS ініціалами: Single Particle Optical Sizing, що являється оптичним методом вимірювання розміру окремих часток[1]. В якості джерела світла використовують лазерні діоди різної потужності та довжини хвилі, а фотоелементом являється фотодіод, який працює в схемі перетворювача струм-на-пруга.

Досягнення сучасної фотоніки, електроніки та цифрових технологій дали змогу створити різноманітні прилади - лічильники часток, що працюють по принципу SPOS. Вимірювання концентрації пилу є важким метрологічним завданням. Це обумовлено тим, що пил являє собою складну систему, яку не можна описати одним або двома параметрами. Насамперед пил майже завжди є полідисперсним, тобто характеризується широким спектром розмірів часток. Здатність частинок пилу розсіювати світло залежить від ряду факторів, таких як: розмір, форма, хімічний склад.

Для того щоб вимірювач пилу володів високими метрологічними характеристиками, необхідно відповідність його основним вимогам, що пред'являються до сучасних вимірювальних приладів:

- безперервність вимірювань;
- вимірювання концентрації пилу без попереднього осадження;
- похибка вимірювань не має бути більшою ніж  $\pm 10\%$ ;
- захист від впливу зовнішніх дестабілізуючих факторів;
- простота та дешевизна виготовлення, портативність і висока експлуатаційна надійність.

Діапазон вимірювань, від 0-3000мг/м<sup>3</sup>. Основна приведена похибка вимірювання оптичної щільності  $\pm 2,0\%$ . Межі додаткової приведеної похибки вимірювання при зміні температури навколишнього середовища в робочому діапазоні температур на кожні 10°C від номінального значення температури (20 $\pm$ 2)°C, не більше  $\pm 0,7\%$ . Номінальний час встановлення показів - не більше 10с.

Існуючі моделі фотоелектричних лічильників частинок призначені для вимірювання лічильної концентрації частинок в повітрі і їх розмірів, так як саме кількість частинок в повітрі і їх розміри є факторами, що впливають на технологічні процеси. В екології з санітарно-гігієнічної точки зору необхідно знати масу частинок в одиниці об'єму[3]. Перехід від лічильної концентрації до вагової не є простою операцією, і саме тому просте використання існуючих моделей лічильників в екології неможливо. Крім того, для обробки електричних імпульсів застосовуються цифрові методи. Все це дало можливість різко зменшити габарити приладів, і створити легкі переносні лічильники частинок аерозолів.

Залежно від розв'язуваних вимірювальних завдань перетин потоку світла з потоком аерозолу (тобто сформувані так званий рахунковий обсяг) можна здійснити по-різному. Саме, в ідеальному варіанті потік аерозолу повинен бути менше по перетину потоку світла, щоб всі частинки припиняли цей потік[4]. Однак це призводить до вимоги створення потоку світла великого перерізу, що важко здійснити з лазерами невеликої потужності для досягнення високої чутливості приладу. Крім того, необхідно формувати потік аерозолу невеликого перерізу, а це призводить до труднощів пропускання через прилад великої кількості повітря.

#### Висновок

Розроблені методи вимірювань показують, що система визначення дисперсного складу часток має ряд переваг в порівнянні з відомими пристроями. Так, знайдено хороший спосіб вимірювань результатів розмірів монодисперсних частинок окису кремнію з розрахунковими даними, що дозволяє не проводити процедуру градування. Порівняння даних, отриманих на розробленій системі і за допомогою цифрового мікроскопа, підтверджують точність

вимірювання приладом.

Список літератури

1. Оптико-електронні методи вивчення аерозолів. С.П.Беляев, Н.К.Нікіфорова, В.В.Смірнов, Г.І.Щелчков М., Енергоіздат, 1981 р 232 с.
2. Гоніометр BI 200 SM, Brookhaven Ltd., UK, www.brookhaven.co.uk
3. Apparatus and method for particle analysis. Patent USA, No 5426501, 20.06.1995
4. Вимірювач дисперсності порошків AccuSizer 780 / DPF, Santa Barbara
5. Laven Ph. Simulation of Rainbows, Coronas and Glories by use Mie Theory. Applied Optics, 2003, v.42, № 3, pp.435-444.
6. Woo K.S., Romey F.J., Dick W.D., Liu Y.H. Measurement of Atmospheric Aerosols using the Wide-Range Particle Spectrometer (WPSTM).

УДК 621.565

## МОДЕЛЮВАННЯ ЦИКЛІВ АБСОРБЦІЙНОЇ ВОДОАМІАЧНОЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ

Магурян Н.С.

Одеська національна академія харчових технологій

Цикли АВХМ реалізовані в насосної і безнасосної схемою. Насосні схеми мають більш високу енергетичну ефективність, але мають в своєму складі циркуляційний насос і не автономні. Безнасосної схеми автономні, але недостатньо ефективні. Робоче тіло насосних АВХМ – водоаміачний розчин (ВАР), безнасосної - ВАР з добавкою інертного газу (водню). Однією з особливостей АВХМ є взаємозалежність температур в характерних процесах циклу - температури гріючого середовища, температури охолоджуючої середовища, температури об'єкта охолодження. З трьох температур доволно можуть бути задані тільки дві. Як показує практика, робота холодильної установки повинна забезпечувати заданий рівень охолодження, а сама установка працювати у відповідних кліматичних умовах, тобто при заданій температурі охолоджуючої середовища. Тому, реальним параметрів, який може змінюватися є тільки температура гріє джерела. Сучасні методики розрахунку не враховують таку взаємозалежність температур в абсорбційному холодильному циклі, так як припускають наявність джерела теплової енергії з необхідним температурним потенціалом. У той же час, аналіз параметрів джерел низькою і альтернативної теплової енергії показує, що значна їх частина не може бути використана для реалізації традиційних циклів АВХМ через недостатньо високого температурного потенціалу. До цих джерел відносяться відхідні газу двигунів внутрішнього згорання, геотермальні джерела і сонячні колектори (СК).

Для роботи з низкопотенційними джерелами теплової енергії розроблено алгоритм розрахунку циклів АВХМ насосного типу.

Початковими даними для розрахунку і аналізу являються: температура охолоджувального середовища  $t_w$ ; температура об'єкта охолодження  $t_{ob}$ ; температурні напори на елементах, які неявно враховують умови теплообміну і недорекуперацію тепла:  $\Delta t_h$  - температурний напір між слабким ВАР і гріючим джерелом тепла;  $\Delta t_{WK}$ ,  $\Delta t_{WA}$ ,  $\Delta t_{def}$  - температурний напір в конденсаторі, абсорбері, дефлегматорі і охолоджувальним середовищем;  $\Delta t_{TO}$  - температурний напір між потоками слабого і міцного ВАР на холодному кінці РТР; холодопродуктивність випарника  $Q_0$ . Змінним параметром при аналізі являється температура джерела тепла  $t_h$ .

Аналіз результатів розрахунку дозволяє зробити наступні висновки.

У діапазоні розрахункових параметрів має місце максимум енергетичної ефективності АВХМ. Найбільш явна наявність максимуму для умов роботи при температурах охолоджувального середовища 20...32 °С і низьких температурах об'єкта охолодження (мінус 25 °С). При зниженні температур об'єкта охолодження максимум енергетичної ефективності зміщується в область високих температур гріючого середовища, а його чисельні значення зменшуються. Так, наприклад, при температурі охолоджувального середовища 26 °С і температурі об'єкта охолодження мінус 5 °С максимум теплового коефіцієнта має місце при температурі джерела тепла 110 °С, при мінус 15 °С - при 120 °С, при мінус 25 °С - при 140 °С, відповідно значення теплового коефіцієнта складають: 0,53; 0,44; 0,34.

Аналіз результатів розрахунку показав, що такий хід залежностей пояснюється: а) в області низьких температур гріючого середовища (до максимуму теплового коефіцієнта) - високою кратністю циркуляції ВАР між генератором і абсорбером (від 6 до 112), яка зумовлена вузькою областю дегазації ( $\Delta\xi = \Delta\xi_{кр} - \xi_{сл} - \Delta\xi = 0,006...0,033$ ); б) в області високих температур гріючого середовища - збільшення частини води в паровій суміші, що виходить з генератора, - наприклад при температурі охолоджуючого середовища 26 °С і температурі об'єкта охолодження мінус 5 °С зростання долі пари води в суміші складає від 0,036 до 0,408, тобто більше, ніж в 10 разів.

У першому випадку мають місце додаткові теплоприпливи в генератор з потоком міцного ВАР. У другому випадку, незважаючи на зниження кратності циркуляції ВАР, теплове навантаження в генераторі збільшується через додаткові витрати на випаровування абсорбенту. Зростання теплового навантаження дефлегматора при цьому, відповідно також збільшується більше, ніж в 10 разів (при температурі охолоджувального середовища 26 °С і температура об'єкта охолодження мінус 5 °С - від 0,024 кДж/кг до 2,200 кДж/кг).

Зменшення теплового коефіцієнта циклу АВХМ при зниженні рівня температур охолодження пояснюється тим, що для реалізації низькотемпературного циклу потрібен ВАР з підвищеною долею абсорбенту в абсорбері, а це пов'язано з додатковим випаровуванням води в генераторі. Так, наприклад, при температурі охолоджувального середовища 26 °С зниження температури об'єкта охолодження від мінус 5 °С до мінус 25 °С вимагає зниження долі аміаку в слабкому ВАР від 0,439 до 0,129.

Для оцінки енергетичних перспектив зміни складу робочого тіла АВХМ в частині зменшення кількості інертного газу (зниження тиску в системі) при зниженні температури охолоджуючого середовища було виконано моделювання і аналіз процесів тепло- і масообміну в основних елементах АВХМ (абсорбері, випарнику і генераторі).

Висновки і рекомендації за результатами аналізу циклів АВХМ

1. Розроблено оригінальний алгоритм пошуку мінімально необхідної температури гріючого середовища в залежності від температур об'єкта охолодження і охолоджуючої середовища для реальної АВХМ.
2. Сформульовані рекомендації для використання реальних АВХМ в комбінації і сонячними колекторами.
3. При реалізації традиційних циклів АВХМ є режими з максимальною енергетичною ефективністю в практичних діапазонах температур охолоджуючої середовища (від 10 до 32 °С) і об'єктів охолодження (від мінус 25 до мінус 5 °С). Для досягнення таких оптимальних режимів необхідно відповідна комбінація складу міцного ВАР і температури що гріє джерела.
4. Робота насосної схеми АВХМ в області низьких температур, що гріє джерела (від 90 до 120 °С) передбачає наявність циркуляційного насоса з настановної потужністю на 2-3 порядку перевищує потужність насоса, що працює в схемі в діапазоні температур гріє джерела від 120 до 160 °С.

*Науковий керівник – зав. кафедройю теплоенергетики та трубопровідного транспорту ОНАПТ, д-р. техн. наук, професор Тітлов О.С.*

# AN EXPERIMENTAL STUDY OF INTERNAL CHARACTERISTICS OF NUCLEATE POOL BOILING OF NANOFLUID R141b/TiO<sub>2</sub>

**Rudin G., student  
ONAFТ, Odessa**

Numerous studies of different modes of boiling have been reported in the literature [1-5]. The correlations serve a useful purpose in their application to engineered systems. However, because of their limited range of applicability, they can rarely be applied with confidence to new situations. Mechanistic models based on basic principles can alleviate this problem. For this purpose, the effort has continued to be made by researchers to develop mechanistic models.

The V.I. Tolubinsky [5] equation (2) is the simplest to use in practice:

$$\frac{h}{k} = \sqrt{\frac{\sigma}{g(\rho' - \rho'')}} = 75 \left( \frac{q}{h_{vap} \rho'' \bar{w}''} \right)^{0.7} \left( \frac{\alpha}{\nu} \right)^{0.2} \quad (2)$$

where  $h$  is the heat transfer coefficient,  $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$ ;  $k$  is the thermal conductivity,  $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ;  $\sigma$  is the surface tension,  $N \cdot m^{-1}$ ;  $\rho'$  and  $\rho''$  are the density of liquid and vapor respectively,  $kg \cdot m^{-3}$ ;  $q$  is the heat flux,  $W \cdot m^{-2}$ ;  $h_{vap}$  is the latent heat of vaporization,  $J \cdot kg^{-1}$ ;  $\alpha$  is the thermal diffusivity,  $m^2 \cdot s^{-1}$ ;  $\nu$  is the kinematic viscosity,  $m^2 \cdot s^{-1}$ ;  $\bar{w}''$  is mean velocity of bubble growth,  $m \cdot s^{-1}$ ,  $\bar{w}'' = D_b \cdot f$ , where  $D_b$  is mean bubble departure diameter,  $f$  is mean bubble departure frequency.

During the last decades, a number of attempts have been made to develop correlations or models for parameters  $D_b$  and  $f$ , but with limited success [1]. Therefore, information on the internal characteristics of the boiling process is necessary for predicting the heat transfer coefficients.

Therefore, the main purpose of this study was to evaluate the effect of surfactant and TiO<sub>2</sub> nanoparticles additives into the refrigerant R141b on the internal characteristics of the nucleate pool boiling process.

The experiments were carried out with the following substances: refrigerant R141b; solution R141b / surfactant Span-80 (0.1 % mass.) (CAS No. 1338-43-8, Sigma-Aldrich); nanofluid R141b / surfactant Span-80 (0.1 % mass.) / TiO<sub>2</sub> nanoparticles (0.1 % mass.). The size of TiO<sub>2</sub> nanoparticles (nanopowder) did not exceed 25 nm (CAS No. 1317-70-0, Sigma-Aldrich).

The internal boiling characteristics (bubble departure diameter, bubble departure frequency and mean velocity of bubble growth) were studied experimentally under atmospheric pressure and in the range of heat fluxes from 29 to 57  $kW \cdot m^{-2}$ . The snapshots of the boiling process were taken using the camera and the stroboscope. The shining time of light source was 50  $\mu s$  and the intervals between flashes were 3 ms. During the obtained images processing the number of bubbles was 80-140 to determine the mean bubble departure diameter  $\bar{d}_0$  and 50-110 to determine the mean bubble departure frequency  $\bar{f}$ . The mean velocity of bubble growth  $\bar{w}'' = \bar{d}_0 \cdot \bar{f}$  defined by mean values of  $\bar{d}_0$  and  $\bar{f}$ .

Dependences of bubble departure diameter  $\bar{d}_0$ , bubble departure frequency  $\bar{f}$  and mean velocity of bubble growth  $\bar{w}'' = \bar{d}_0 \cdot \bar{f}$  from heat flux of pure R141b, R141b/Surf. and R141b/Surf./TiO<sub>2</sub> are shown in Fig. 1.

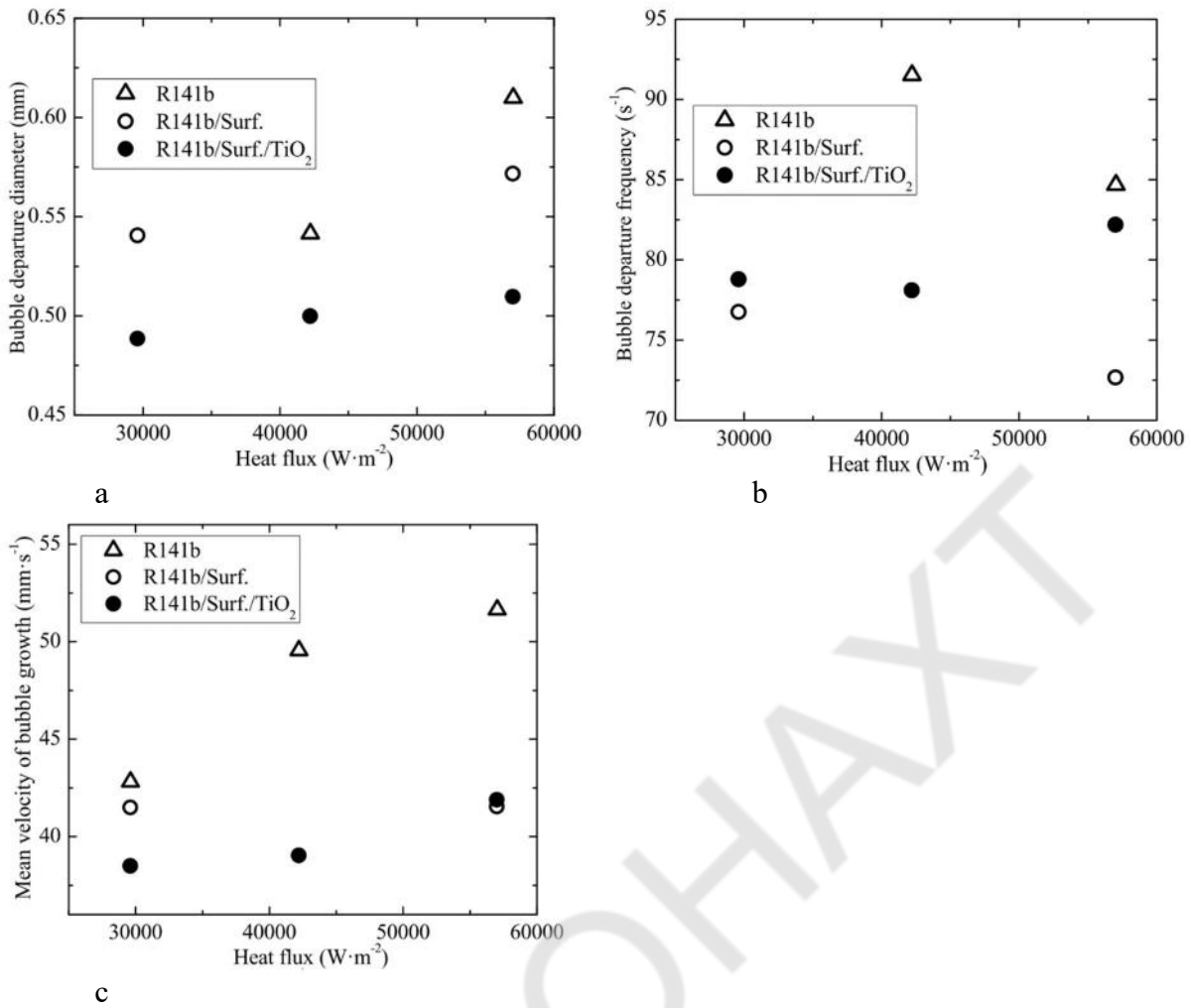


Fig. 1. Dependence of internal characteristics of nucleate pool boiling process from heat flux of pure R141b, R141b/Surf. and R141b/Surf./TiO<sub>2</sub>: (a) departure vapor bubble diameter, (b) bubble departure frequency, (c) mean velocity of bubble growth

The experimental values of mean velocity of bubble growth can be used to calculate the heat transfer coefficient at nucleate pool boiling using the proposed by V.I. Tolubinsky [5] equation (2).

The experimental data on mean velocity of bubble growth  $\bar{w}''$  were used in order to predict heat transfer coefficient by equation (2). To estimate the mean velocity of bubble growth at the pressures under which the experiments were performed the empirical equation (3) [5] was used.

$$\bar{w}''/\bar{w}''_{0.1} = (\rho''_{0.1}/\rho'')^{2.3+0.5lg\pi} \quad (3)$$

where  $\bar{w}''_{0.1}$  and  $\rho_{0.1}$  are the mean velocity of bubble growth and vapor density at  $P=0.1013 \cdot \text{MPa}$  respectively;  $\pi = P/P_C$  is the reduced pressure.

The properties of pure R141b were used to calculating the heat transfer coefficient by using the Eq. (2).

Calculated heat transfer coefficient values depending on heat flux at three pressure values are shown in Fig. 2.

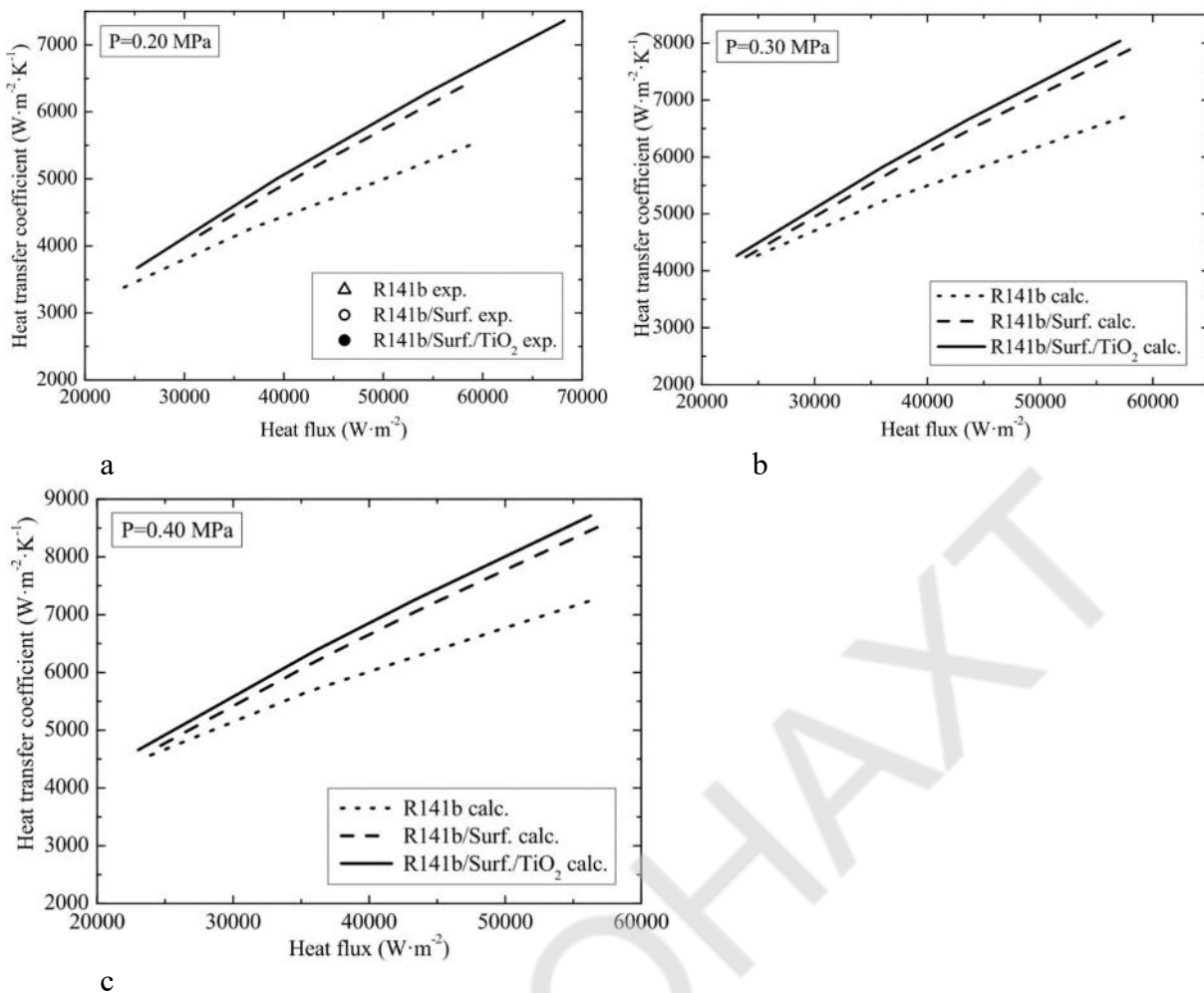


Fig. 2. Calculated heat transfer coefficient for R141b / surfactant and R141b / surfactant / TiO<sub>2</sub> solutions in contrast with R141b

The additives of surfactant and TiO<sub>2</sub> nanoparticles effect on the internal characteristics of nucleate pool boiling: departure bubble diameter, bubble departure frequency and mean velocity of bubble growth are decreased with surfactant and TiO<sub>2</sub> nanoparticles additives.

As follow from the calculated data, the pool boiling heat transfer coefficient of R141b / surfactant / TiO<sub>2</sub> nanofluid is higher in contrast with R141b, especially at high heat fluxes. Thus, it is expected the increase in the heat transfer coefficient with the addition of nanoparticles and surfactants to the refrigerants.

#### References

1. Dhir V. K. Mechanistic prediction of nucleate boiling heat transfer—achievable or a hopeless task? *Journal of Heat Transfer*. 2006. Vol. 128, Issue 1. P. 1-12.
2. Forster D. E., Greif R. Heat Transfer to a Boiling Liquid - Mechanism and Correlation. *ASME J. Heat Transfer*. 1959. Vol. 81. P. 43–53.
3. Mikic B. B., Rohsenow W. M. A New Correlation of Pool Boiling Data, Including the Effect of Heating Surface Characteristics. *ASME J. Heat Transfer*. 1969. Vol. 9. P. 245–250.
4. Judd R. L., Hwang K. S. A Comprehensive Model for Nucleate Boiling Heat Transfer, Including Microlayer Evaporation. *ASME J. Heat Transfer*. 1976. Vol. 98. P. 623–629.
5. Tolubinskiy V.I. Heat Transfer under Boiling (in Russian), Naukova Dumka, Kiev, 1980 (Chapters 4 and 5).

Scientific adviser: Semenyuk Yu.V, Khliyeva O.Ya., ONAFT

## ПІДГРІВ ПРИРОДНОГО ГАЗУ НА ГАЗОРОЗПОДІЛЬНІЙ СТАНЦІЇ З ВЖИВАННЯМ (ДГА) ДЕТАНДЕР ГЕНРАТОРНИЙ АГРЕГАТУ

Варвонець А., студент, Хлієва О.Я., доц.  
Одеська національна академія харчових технологій

В даний період енергетичний потенціал природного газу, який приходить по магістральним газопроводах на ГРС практично не використовується, хоча в багатьох передових країнах на ГРС вже впроваджуються детандер-генераторні агрегати. Основною перевагою такої установки є додаткове виробництво електроенергії, в той час основним стримуючим фактором їх впровадження в нашій країні становить складність реалізації отриманої електроенергії.

Була проведена оцінка двох способів підігріву природного газу на ГРС при впровадженні детандер-генераторних агрегатів. Слід зазначити, що впровадження ДГА на ГРС потребує додаткового підігріву природного газу, тому можлива необхідність модернізації блоку теплообмінного обладнання на ГРС.

У детандер-генераторному (ДГА) агрегаті відбувається зниження тиску природного газу і перетворення механічної роботи турбодетандера в електричну енергію на виході з генератора.

Основною функцією підігріву газу на ГРС є запобігання гідратоообрання в процесі редукування і забезпечення температури газу на виході з ГРС не менше мінус 10 °С відповідно до ГОСТУ.

На першому етапі проводиться оцінка необхідної ступіні підігріву газу перед його редукуванням в детандері. Тиск на вході в ГРС прийнятий 2,5 МПа, на виході - 0,3 МПа. Розрахункове значення тиску на виході з першої ступені редукування склало 0,866 МПа.

При розрахунках приймалося, що природний газ на вході в ГРС має температуру, близьку до температури ґрунту на глибині закладення газопроводу для умов Одеської області. Для самого холодного місяця (січня) газ приходить на ГРС з температурою 3,9 °С.

Показано, що незалежно від сезону для ГРС с ДГА потрібен підігрів газу до 45°С.

Було розглянуто види підігрівачів газу. Для розрахунків прийнято найбільше поширення на практиці підігрівач ПТПГ-30. У ньому підігрів природного газу перед редукуванням здійснюється за рахунок спалювання паливного газу.

Необхідної кількості теплоти для кожної ступені підігріву газу. Розрахунок показав, що для підігріву газу на ГРС продуктивністю 30000 м<sup>3</sup>/год достатньо всього одного підігрівача ПТПГ-30 для кожної ступені.

Було виконано розрахунок кількості паливного газу перед ДГА для двох підігрівачів ПТПГ-30, що працюють за технологією змішування - 77 м<sup>3</sup> / год.

Був виконаний тепловий перевіірочний розрахунок трубного пучка підігрівача газу ПТПГ-30. Метою розрахунку була перевірка температури проміжного теплоносія суміші етиленгліколь-вода (яка в свою чергу може регулюватися витратою паливного газу), для забезпечення передачі необхідної кількості тепла на нагрів природного газу при наявній площі теплообмінної поверхні і заданих температурах газу на вході і виході. Для забезпечення потребуючої кількості теплоти на підігрів газу необхідного підтримання та отримання температури теплоносія для першої ступені – 84 °С й для другої – 88 °С. За результатами розрахунку, можна зробити висновок, що підігрівачі ПТПГ-30 можуть забезпечити необхідний підігрів природного газу перед його редуцированием в ДГА. Тобто, впровадження ДГА на ГРС не потребує реконструкції блоку підігріву природного газу.

З метою впровадження енергозберігаючих технологій, доцільно розглянути альтернативний спосіб підігріву природного газу за допомогою теплового насосу. При цьому частина виробленої ДГА електроенергії буде споживатися тепловим насосом.

Для розрахунків був прийнятий парокompресійні тепловий насос з ізобутаном в якості

робочого тіла. В якості низко потенційного джерела теплоти використовувалося навколишнє повітря.

Як видно з розрахунків, дійсний коефіцієнт перетворення теплового насоса становить для першого ступеня 2.856 і для другого ступеня 2.245, що говорить про доцільність використання теплових насосів для підігріву природного газу на ГРС в порівнянні з прямим електричним нагрівом. Для літнього періоду роботи теплового насоса цей коефіцієнт буде ще вище.

При цьому потужність, що виробляється ДГА складає для першої ступені 625 кВт, для другої - ДГА 668 кВт, а теплові насоси будуть споживати 340 кВт у сумі від виробленої ДГА електроенергії.

Остаточний висновок про доцільність використання теплового насоса буде зроблений на основі техніко-економічного розрахунку. Був виконаний розрахунок терміна окупності впровадження теплового насоса для підігріву газу на ГРС, який склав 1.125 рік. У відповідності до виконаних розрахунків можна вважати економічно доцільним впровадження теплових насосів на ГРС с ДГА в кліматичних умовах Одеської області .

## ГЛОСАРІЙ

Арнаут О.І. ....	14	Носенко К. В. ....	33
Балабан И.О. ....	34	Павлів Л.В. ....	73
Биленко Н.А. ....	77, 78	Платонов С.П. ....	71
Борисов В.О. ....	75	Постолатій М.О. ....	9
Брусенец В.Р. ....	54	Руссу Д. ....	15
Варвонець А. ....	87	Сагала Т.А. ....	71
Ганыч А. И. ....	23	Сагдєєва О.А. ....	21
Гарбуз А.С. ....	43	Соколова В.І. ....	20
Георгієш Є.М. ....	76	Стаднійчук М.Ю. ....	11
Георгієш К.В. ....	76	Столевич Т.Б. ....	24, 46
Григор'єв О. А. ....	62	Струнова О.С. ....	26
Гринчук В. В. ....	5	Теплякова И. В. ....	50
Дерун А.В. ....	56	Терземан В. В. ....	23
Жалівців С.І. ....	30	Тумбуркат К.Ф. ....	75
Заика Е.А. ....	46	Фарина А. М. ....	28
Кірюхіна Д.В. ....	36	Филипенко А.А. ....	68
Клошка Н.В. ....	37	Філіпенко О.О. ....	65
Ключник Н.Ю. ....	32	Флейшер Г. Ю. ....	43
Коломієць О.В. ....	39, 41	Фудулей Н.О. ....	53
Крисенко К.Ю. ....	35	Халак В.Ф. ....	66
Лаврентьев Д. ....	58	Чанхао Ю. ....	3
Ладан А.А. ....	24	Черниш Б.Б. ....	80
Лапіка А.А. ....	39, 41	Яструб К.В. ....	17
Лисянская М.В. ....	51	Bushmanov V. M. ....	48
Лісоводський А.В. ....	55	Mukminov I. I. ....	48
Магурян Н.С. ....	82	Mykoliv S.I. ....	13
Михайлова О. В. ....	60	Khliyev N. ....	45
Наконечна А. В. ....	7	Rudin G. ....	84
Никитин И.Ю. ....	63		

ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНІ  
ПРОБЛЕМИ СУЧАСНОСТІ

*XVIII ВСЕУКРАЇНСЬКА  
НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ МОЛОДИХ УЧЕНИХ  
ТА СТУДЕНТІВ  
(13 квітня 2018 р)*

Збірник наукових праць

Підписано до друку 12.04.2018 р. Формат 60×84 1/16.

Умовн. друк. арк. 4,5.

Надруковано видавничим центром ОНАХТ.  
65039, Одеса, вул. Канатна, 112