

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ЗБІРНИК ПРАЦЬ

VI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІННОВАЦІЙНІ
ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ»**



ОДЕСА
2017

Публікуються доповіді, представлені на VI Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні енерготехнології» (4 – 8 вересня 2017 р.) і присвячені актуальним проблемам підвищення енергоефективності в сфері АПК, харчових та хімічних виробництвах, розробки та впровадження ресурсо-та енергоефективних технологій та обладнання, альтернативних джерел енергії.

Редакційна колегія:

доктор техн. наук, професор

О.Г. Бурдо

Ю.О. Левтринська

Е.Ю. Ананійчук

О.В. Катасонов

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ОРГКОМІТЕТ

- Єгоров**
Богдан Вікторович - голова, Одеська національна академія харчових технологій, ректор, д.т.н., професор
- Бурдо**
Олег Григорович - вчений секретар, Одеська національна академія харчових технологій, д.т.н., професор
- Атаманюк**
Володимир Михайлович – Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор
- Васильєв**
Леонард Леонідович – Інститут тепло- і масообміну ім. А.В. Ликова, Республіка Білорусь, д.т.н, професор
- Гавва**
Олександр Миколайович – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Гумницький**
Ярослав Михайлович – Національний університет „Львівська політехніка”, д.т.н., професор
- Долинський**
Анатолій Андрійович –Інститут технічної теплофізики, почесний директор, д.т.н., академік НАНУ
- Зав’ялов**
Владимир Леонідович – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Керш**
Владимир Яковлевич – Одеська державна академія будівництва та архітектури, д.т.н., професор
- Колтун**
Павло Семенович – Technident Pty. Ltd., Australia, Dr.
- Корнієнко**
Ярослав Микитович – Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- Малежик**
Іван Федорович – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Михайлов**
Валерій Михайлович – Харківський державний університет харчування та торгівлі, д.т.н, професор
- Паламарчук**
Ігор Павлович – Вінницький національний аграрний університет, д.т.н., професор
- Снежкін**
Юрій Федорович –Інститут технічної теплофізики, директор, д.т.н., член-кор. НАНУ
- Сорока**
Петро Гнатович – Український державний хіміко-технологічний університет, д.т.н., почесний професор
- Тасімов**
Юрій Миколайович – Віце-президент союзу наукових та інженерних організацій України
- Товажнянський**
Леонід Леонідович – Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- Ткаченко**
Станіслав Йосифович – Вінницький національний технічний університет, г. Вінниця, д.т.н., професор
- Ульєв**
Леонід Михайлович – Національний технічний університет Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- Черевко**
Олександр Іванович – Харківський державний університет харчування та торгівлі, ректор, д.т.н, професор
- Шит**
Михайл Львович – Інститут енергетики Академії Наук Молдови, к.т.н., в.н.с.

УДК 66.069.84; 66.084; 628.316; 628.32

НЕЙТРАЛІЗАЦІЯ КОНДЕНСАТУ ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ З ЗАСТОСУВАННЯМ СПОСОБУ ДИСКРЕТНО- ІМПУЛЬСНОГО ВВЕДЕННЯ ЕНЕРГІЇ

Долінський А.А. доктор техн. наук, Целень Б.Я. канд. техн. наук,
Іваницький Г.К. доктор техн. наук, Коник А.В. канд. техн. наук,
Радченко Н.Л. канд. техн. наук, Гартвіг А.П.

Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

NEUTRALIZATION OF THE CONDENSATE OF NATURAL GAS CONTAINMENT WITH THE USE OF DISCRETE-PULSE INTEGRATION OF ENERGY

Dolinskiy A.A. Doctor of Technical Sciences, Tselen B.Ya. Ph.D.,
Ivanitskiy G.K. Doctor of Technical Sciences, Konyk A.V. Ph.D.,
Radchenko N.L. Ph.D., Hartviih A.P.

Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of
Ukraine

Анотація: В даній роботі запропоновано новий спосіб нейтралізації конденсату продуктів згоряння природного газу без використання хімічних реагентів з метою його повторного використання для промислових потреб, а також як води для живлення водогрійних котлів промислових і комунальних котельних. Висунуто гіпотезу, що конденсат димових газів за своїм складом є знесоленою водою, що наближається до дистильованої води з присутніми в ньому діоксидом вуглецю в розчиненому стані і у вигляді стабільних нанорозмірних бульбашок (bubstones), вугільної кислоти і газової фази у вигляді мікробульбашок, що містять суміш діоксиду вуглецю з азотом. Новизною даної роботи є виконане аналітичне дослідження процесу десорбції діоксиду вуглецю з конденсату способом дискретно-імпульсного введення енергії, розроблена робоча конструкторська документація на виготовлення дослідного зразка установки, виготовлений дослідний зразок установки для нейтралізації конденсату продуктів згоряння газу без використання реагентів. Створений дослідний зразок установки дозволить зменшити витрати на підготовку води для живлення котлів за рахунок використання нейтралізованого конденсату і скоротити кількість стічних вод. Використання дослідного зразка установки нейтралізації конденсату дозволить поліпшити стан довкілля шляхом зменшення кількості стоків (хімічно забрудненого нейтралізованого конденсату і відходів установок пом'якшення води), раціонально використовувати водні ресурси за рахунок зниження потреби у природній воді (у випадку повторного використання нейтралізованого конденсату).

Abstract: A new method of neutralizing the condensate of the combustion products of natural gas without using of chemicals with a view for its reuse for industrial purposes, as well as the water to power industrial boilers and utility boilers is proposed. A hypothesis that acidic condensate of flue gases is a demineralized water and similar to distilled water which consists carbon dioxide in dissolved form and in the form of stable nanosized bubbles (bubstones), carbonic acid and a gas phase in the form of microbubbles containing a mixture of carbon dioxide with nitrogen is proposed. Thus between carbon dioxide in the bubbles and carbon dioxide in solution there is equilibrium. The proposed method of neutralizing the acidic condensate is based on the mechanisms of discrete-pulse input of energy of initiated by the rotary-pulsating apparatus of special design with partial use of thermovacuum technology. The novelty of the scientific and technical work is: analytical study of the process of desorption of carbon dioxide from acidic condensate by the method of discrete-pulse input of energy is carried out; developed a working design documentation for production of a prototype apparatus; made a prototype apparatus to neutralize the acidic condensate of gas combustion products without the use of chemicals. Developed a prototype apparatus will reduce the cost of water treatment for power boilers by using neutralized condensate and reduce the amount of wastewater. Experimental study of changes in the pH value of condensate is performed on the prototype device. It is established that the increase in pH took place within 2 minutes of treatment. The maximum pH reached 6.2 while maintaining the samples between 3 and 24 hours. The potential productivity of existing prototype apparatus is about 450 l/h of neutralized condensate. Using installations for neutralization of acidic condensate will allow to improve the environment by reducing the amount of waste (chemically contaminated condensate after

neutralization and waste water from installations a water softening) and rational use of natural water by reducing the amount of its use (in the case of re-use of acidic condensate).

Ключові слова: конденсат димових газів, нейтралізація, вугільна кислота, діоксид вуглецю.

Keywords: the condensate of flue gases, neutralization, carbonic acid, carbon dioxide.

Протягом тривалого часу економайзери для котлів проектували для охолодження димових газів до температури 140÷150°C, що було зумовлено техніко-економічною недоцільністю більш глибокого їх охолодження через низьке співвідношення цін на паливо і метал та можливість корозії теплообмінних поверхонь при контакті з конденсатом при охолодженні димових газів до температури нижче точки роси.

На сьогоднішній день внаслідок суттєвого зростання цін на паливо і теплову енергію стало доцільним глибоке охолодження продуктів згоряння природного газу. При цьому за рахунок отримання додаткової кількості теплоти (фізичної теплоти димових газів і теплоти конденсації водяної пари, що входить у склад димових газів) коефіцієнт корисної дії котлоагрегату можна підвищити на 8÷12% [1]. Однак, конденсат, що утворюється при охолодженні димових газів нижче точки роси, не знаходить подальшого застосування через кислотні властивості і, після хімічної нейтралізації, надходить в стічні води підприємства.

З огляду на те, що з 1 МВт теплової потужності котлоагрегату може утворюватися до 140 л/год конденсату доцільно розглянути можливість його повторного використання, що дозволить зменшити споживання природної води і викиди стічних вод.

Утворений конденсат за своїм фізико-хімічним складом, в основному, є розчином вугільної кислоти, що зумовлює низьке значення величини водневого показника (рН), що знаходиться в межах 3,8÷4,9. Вилучення з конденсату вугільної кислоти, уникаючи способу хімічної нейтралізації, дозволить отримувати воду, близьку до дистильованої. Така вода може бути використана для приготування води для живлення котлів, минаючи стадію пом'якшення води, а також для інших технологічних потреб.

В Інституті технічної теплофізики НАН України запропоновано спосіб безреагентної нейтралізації кислого конденсату [2], що ґрунтується на механізмах дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ) ініційованих на базі роторно-пульсаційного апарата (РПА) спеціальної конструкції з частковим використанням термовакуумної технології.

Враховуючи те, що кислий конденсат містить до 70 мг/л діоксиду вуглецю в той час як його розчинність у воді становить 0,47 мг/л (при 20°C і 0,1 МПа) нами висунуто гіпотезу про те, що діоксид вуглецю в конденсаті існує як у розчиненому стані так і у вигляді окремих або згрупованих у кластери бульбашок мікро- і наномасштабних розмірів (так званих *bubstones* [3, 4] розміром до 0,1 мкм і газових бульбашок розміром 0,1÷10 мкм [5]) причому між діоксидом вуглецю в бульбашках і діоксидом вуглецю в розчині існує певна рівновага. При цьому приблизно 1% розчиненого діоксиду вуглецю вступає в хімічну реакцію з водою утворюючи вугільну кислоту близько 5% якої дисоціює у воді на іони водню, гідрокарбонат-іони і карбонат-іони. Таким чином, в розчині встановлюється рівновага між діоксидом вуглецю в газовій фазі бульбашок, розчиненим діоксидом вуглецю в рідині, вугільною кислотою, гідрокарбонат-іонами і карбонат-іонами. Іони водню, що утворюються при цьому призводять до зниження рН розчину.

Нейтралізація конденсату запропонованим нами способом досягається за рахунок вилучення стабільно існуючих при нормальних умовах бульбашок діоксиду вуглецю внаслідок збільшення їх розмірів з можливістю реалізації явища інверсії структури потоку, тобто перетворення потоку з бульбашко-рідинної структури в крапельно-газову. При цьому на обробку надходить рідина, насичена мікроскопічними бульбашками діоксиду вуглецю під час якої утворюється суміш водяної пари з діоксидом вуглецю, в якій знаходиться велика кількість полідисперсних краплин рідини. Газова фаза при цьому відводиться з апарата. Одночасно при цьому відбувається розпад вугільної кислоти внаслідок порушення вуглекислотної рівноваги і вилучення інших газів з конденсату. Критичне значення газовмісту, при перевищенні якого відбувається безповоротна коагуляція бульбашок і наступна інверсія фаз становить 0,65 [6–7].

На базі створених в ІТТФ НАН України універсальних математичних моделей динаміки одиничних газопарових бульбашок і динаміки ансамблю бульбашок, які детально наведені в роботах [8, 9] проведено чисельне моделювання процесу зростання газопарових бульбашок в конденсаті. В рамках математичної моделі динаміки ансамблю бульбашок було проведено аналітичне дослідження еволюції сукупності парогазових бульбашок до моменту досягнення критичної величини газовмісту.

На рис. 1 показано зміну величини газовмісту в залежності від радіусу зростаючих бульбашок в монодисперсному ансамблі. Розглянуто монодисперсні сукупності бульбашок з сімома значеннями початкових радіусів в інтервалі від 0,7 мкм до 10 мкм при початковій концентрації діоксиду вуглецю 70 мг/л і температурі рідини 25°C. Пунктирною лінією показано значення критичного газовмісту (відношення об'єму газової фази до об'єму рідини) $\beta_{inv} = 0,65$ при якому відбувається інверсія структури потоку (перехід від рідинно-бульбашкової структури до газо-крапельної). З рисунка видно, що для всіх значень початкових радіусів радіуси бульбашок при досягненні критичного газовмісту збільшуються приблизно в п'ять разів, тобто об'єм бульбашкової фази зростає більш ніж на два порядки. Ті ділянки кривих 1–7, що знаходяться вище пунктирної лінії не відповідають реальному стану, бо в цій області бульбашок вже не існує внаслідок інверсії фаз.

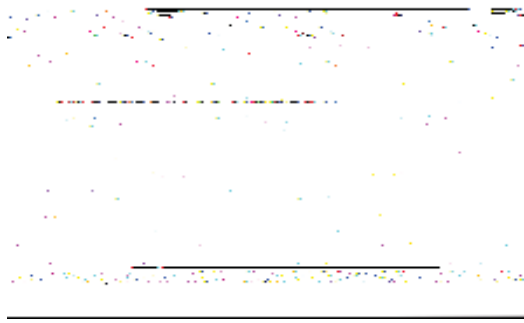


Рис. 1. Залежність величини газовмісту монодисперсної сукупності бульбашок діоксиду вуглецю у воді від їх поточного радіусу при різних значеннях початкових радіусів: 1 – 0,7 мкм; 2 – 1 мкм; 3 – 2 мкм; 4 – 3 мкм; 5 – 4 мкм; 6 – 5,0 мкм; 7 – 10,0 мкм.

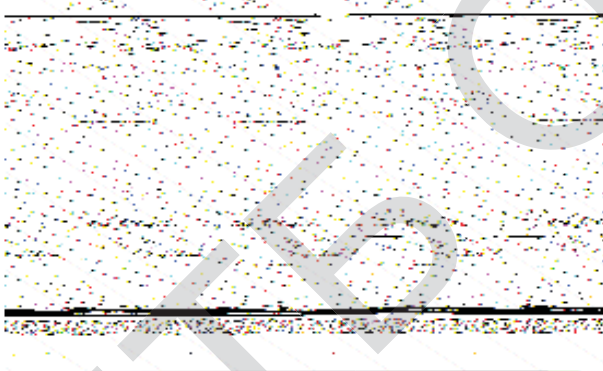


Рис. 2. Зміна з часом радіусу величини газовмісту монодисперсної сукупності бульбашок діоксиду вуглецю у воді при різних значеннях початкових радіусів.

так і по величині, короточасні мікровихори тощо. Внаслідок сукупної дії цих факторів – високочастотних гальмувань і прискорень рідини, вихроутворення, інтенсивного перемішування тощо можливе зіткнення бульбашок, їх коагуляція і формування бульбашок більш великих розмірів або бульбашкових асоціацій [6, 10]. Тоді великі бульбашки формуються вже під час проходження конденсату через канали РПА.

Проведені розрахунки також показали, що швидкість десорбції діоксиду вуглецю з поверхні краплин конденсату за час перебування їх на стадії вилучення газу дуже мала у порівнянні зі швидкістю виділення з конденсату нерозчиненої вільної вуглекислоти. Саме в цьому полягає перевага і перспективність запропонованого методу нейтралізації.

Для підтвердження отриманих результатів чисельного моделювання процесу вилучення з рідини вуглекислоти проведені експериментальні дослідження зміни величини рН конденсату продуктів згоряння природного газу на виготовленому дослідному зразку установки принцип роботи якого базується на запропонованому способі нейтралізації.

На рис. 2 наведені результати розрахунку залежності величини газовмісту від часу зростання бульбашок для дев'яти монодисперсних бульбашкових ансамблів з початковими радіусами в інтервалі від 0,5 мкм до 5 мкм при початковій концентрації діоксиду вуглецю 70 мг/л і температурі рідини 25°C. Як видно з рисунку, бульбашки малого розміру з початковим радіусом до 0,6 мкм загалом не зростають при даному режимі роботи установки. Характерним є те, що бульбашки всіх початкових розмірів від 0,7 до 5 мкм досягають критичного значення газовмісту практично за однаковий проміжок часу (115÷140 мкс) з моменту спадання зовнішнього тиску. Характерним також є те, що наростання газовмісту в сукупності бульбашок з відносно великими бульбашками з початковим радіусом понад 2 мкм відбувається повільно, тоді як для сукупності малих бульбашок з початковим радіусом до 1 мкм газовміст зростає майже миттєво. Наведені результати дають певну корисну інформацію для проведення подальших досліджень по цій проблемі.

Як показали наведені вище результати дослідження, бульбашки малого розміру з початковим радіусом до 0,6 мкм загалом не можуть зростати навіть при великих перепадах тисків, що зініціюються при обробці конденсату запропонованим способом. Також даний спосіб обробки не може призводити до подальшого подрібнення мікробульбашок. Однак при проходженні рідинно-бульбашкового потоку через канали РПА всередині апарата ініціюється низка потужних механізмів, внаслідок яких відбувається сильна динамічна дія на потік рідини: дуже високі напруження і швидкості зсуву (порядку $2,5 \cdot 10^5 \text{ c}^{-1}$), періодичні високочастотні зміни тиску та аномально високі зміни прискорень як по напрямку

Обробку конденсату здійснювали наступним чином. Конденсат об'ємом 33 л оброблювали в замкнутому контурі дослідного зразка установки в режимі рециркуляції протягом 16 хвилин при відсутності подачі і видачі обробленої рідини з установки. Проби конденсату відбирали через кожні 2 хвилини протягом обробки з метою визначення оптимального часу його обробки на основі отриманих результатів величини рН. Відібрані проби конденсату зберігали протягом двох діб в негерметично закритих поліпропіленових одноразових стаканах без доступу прямого сонячного світла. Вимірювання величини рН проводили багатофункціональним приладом COnDO EZODO PCT-407 для аналізу параметрів води одразу після відбору проби, через 3 години, 1 добу і 2 доби після обробки.

На рис. 3 наведено зміну величини водневого показника конденсату продуктів згоряння природного газу від тривалості його обробки в контурі дослідного зразка установки нейтралізатора безреагентного.

Отримані результати показують, що основна зміна величини рН відбувається приблизно протягом перших 2 хвилин обробки. Подальша обробка рідини також призводить до підвищення величини рН, проте швидкість його зростання значно нижча, хоча й стабільна протягом всього часу обробки. Це дозволяє припустити, що протягом перших двох хвилин обробки відбувається вилучення основної кількості вуглекислоти, розчиненої в конденсаті.

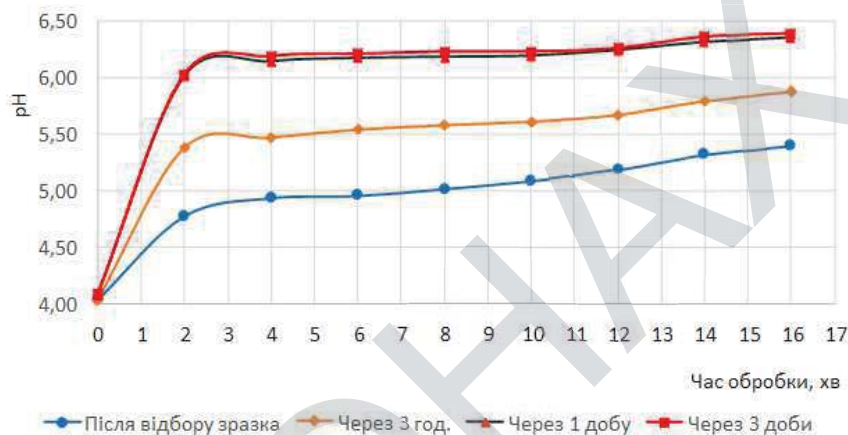
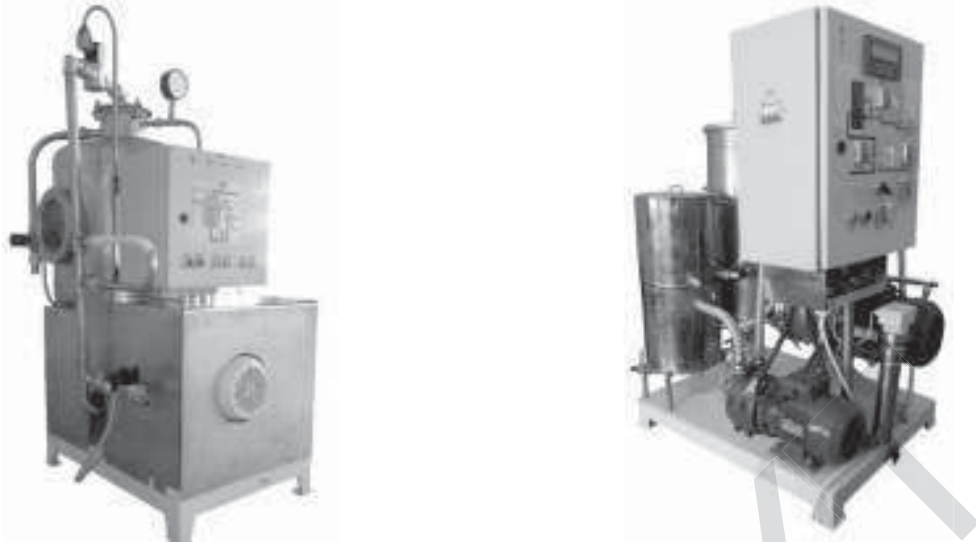


Рис.3. Зміна величини рН конденсату продуктів згоряння природного газу від тривалості його обробки.

Також видно, що оброблена рідина перебуває в нестабільному стані, про що свідчить подальше зростання величини рН рідини протягом подальшого зберігання проб. Після витримки обробленого конденсату отримали значення величини рН вище 6,0 при тривалості обробки 2 хвилини. Аналізуючи закономірність зростання величини рН на цій діаграмі з високою достовірністю можна припустити, що отримати величину рН конденсату вище 6,0 можна протягом меншої тривалості обробки, що дозволить підвищити продуктивність обладнання (потенційна продуктивність дослідного зразка існуючої установки становить близько 450 л/год обробленого конденсату), проте для підтвердження цієї гіпотези слід провести повторний експеримент з меншим інтервалом відбору проб конденсату під час обробки.

Зміна температури конденсату під час його обробки внаслідок дисипативного виділення теплоти становила приблизно $1,8^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ і для робочого циклу $1,5 \div 2$ хв несуттєва. Однак, підвищення температури повинно позитивно впливати на швидкість вилучення діоксиду вуглецю з рідини, тому конденсат на обробку бажано подавати одразу після економайзера системи глибокої утилізації теплоти димових газів котлоагрегату.



Продуктивність, т/годину – до 0,6
Споживання електроенергії, кВт · год – 3,75
Габарити, мм – 750x880x1420

Продуктивність, т/годину – до 1,2
Споживання електроенергії, кВт · год – 3,75
Габарити, мм – 750x800x1100

Рис. 4. Установа для нейтралізації кислого конденсату продуктів згоряння природного газу і технічні характеристики її модифікацій.

На сьогоднішній день в рамках досліджень в цьому напрямку розроблено і виготовлено дві модифікації дослідного зразка установки нейтралізації (рис. 4), що відрізняються продуктивністю нейтралізації і можуть знайти застосування при роботі з газовими водогрійними і паровими котлами сумарною тепловою потужністю до 5 або 10 МВт [5]. Дані установки характеризуються низьким питомим споживанням енергії, а також низькими габаритами, металоємністю і можуть працювати як в режимі ручного керування так і автоматичному режимі.

Висновки.

Створений дослідний зразок установки дозволить зменшити витрати на підготовку води для живлення котлів за рахунок використання нейтралізованого конденсату і скоротити кількість стічних вод.

Основні техніко-економічні показники розробленого дослідного зразка установки: продуктивність – до 450 л/год; споживання електроенергії – 3,75 кВт·год; габаритні розміри – 650x800x1100 мм; величина водневого показника (рН) нейтралізованого конденсату – не нижче 6,0.

Запропонований спосіб обробки рідини базується на використанні низки фізичних явищ при ДІВЕ і при відповідному виборі параметрів обробки може знайти застосування не лише для нейтралізації кислого конденсату але й для обробки інших рідин з метою зміни їх фізико-хімічних параметрів (величини окисно-відновного потенціалу, електропровідності, вмісту розчинених газів тощо) у різних галузях промисловості.

Науково-технічна робота виконувалась в Інституті технічної теплофізики НАН України згідно договору №ДЗ/52-2015 з МОН України.

Література

1. Новгородский Е. Е., Бесчетный В. В. Проектирование энергосберегающих установок теплогенераторов при использовании рекуперативных конденсационных теплоутилизаторов: Методические указания к практическим занятиям по курсу «Энергосбережение». Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2010. 43 с.
2. Долінський А. А., Шурчкова Ю. О., Целень Б. Я. Безреагентна нейтралізація кислого конденсату продуктів згоряння природного газу та обладнання для її нейтралізації. Микро- и наноразмерные процессы в технологиях ДИВЭ: Тематический сборник статей / под общей ред. А. А. Долинского; Институт технической теплофизики НАН Украины. Киев: Академперіодика, 2015. 464 с.
3. Bunkin N. F., Bunkin F. V. Bubston Structure of Water and Aqueous Solutions of Electrolytes. Physics of Wave Phenomena. 2013. Vol. 21, No. 2. P. 81-109.
4. James R T Seddon, Detlef Lohse, William A Ducker, Vincent S J Craig. A deliberation on nanobubbles at surfaces and in bulk. Chemphyschem. 2012. 13(8). P. 2179-87.
5. Долінський А. А., Целень Б. Я., Гартвіг А. П., Коник А. В., Радченко Н. Л., Щепкін В. І. Утворення кислого конденсату при глибокій утилізації теплоти продуктів згоряння природного газу і обладнання для його нейтралізації. Наукові праці ОНАХТ. 2016. Т. 80, Вип. 1. С. 4–8.

6. Pavlenko A. N., Koverda V. P., Reshetnikov A. V., Mazheiko N. A., Surtaev A. S., Zhukov V. E. Peculiarities of superheated liquid discharging under strong and weak nonequilibrium conditions. J. Eng. Thermophys. 2010. Vol. 19, No. 4. P. 289–305.

7. Ишматов А. Н. Эволюция мелкодисперсных капель при взрывном распылении жидкости : автореф. дисс. на соиск уч. степ. канд. ф.-м. наук : спец. 01.02.05 "Механика жидкости, газа и плазмы". Бийск, 2011. 48 с.

8. Долинский А. А., Иваницкий Г. К. Теоретическое обоснование принципа дискретно-импульсного ввода энергии. I. Модель динамики одиночного парового пузырька. Пром. теплотехника. 1995. Т. 17, №5. С. 3–28.

9. Долинский А. А., Иваницкий Г. К. Теоретическое обоснование принципа дискретно-импульсного ввода энергии. II. Исследование поведения ансамбля паровых пузырьков. Пром. теплотехника. 1996. Т. 18, №1. С. 3–20.

10. Стебновский С. В. Импульсное диспергирование как предельный режим разрушения жидкого объема. Физика горения и взрыва. 2008. Т. 44, №2. С. 117–128.

УДК 536.24:631.371

ЕКОНОМІЯ ВОДИ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ

Ткаченко С. Й. д-р техн. наук, професор,
Іщенко К. О. аспірант кафедри ТЕ
Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

WATER SAVING IN INDUSTRIAL BIOGAS INSTALLATION PROCESSES

Tkachenko S. Y., Ishchenko K. O.
Vinnitsa national technical university, Vinnitsa

***Анотація.** Питання економії свіжої води та очищення забрудненої внаслідок технологічних процесів та побуту є актуальними на протязі останніх десятиріч. Для покращення екологічного стану повітря, ґрунтових вод і зменшення забруднення навколишнього середовища за кордоном активно розробляються і впроваджуються прогресивні технології, як для стічних вод, так і для полігонів твердих побутових відходів. Хоча в Україні працює більше 5000 очисних споруд, майже всі вони працюють за застарілими технологічними схемами без застосуванням сучасних технологій, таких як анаеробне перероблення з отриманням біогазу.*

Із збільшенням уваги до раціонального споживання свіжої води, як наслідок знижується її споживання, стічні води переробних та очисних підприємств стають більш концентрованими за умов зменшення їхньої загальної кількості. Для підприємств очищення стічних вод представляє серйозну проблему. Усе частіше перед підприємствами постають проблеми пошуку ефективних, надійних в експлуатації, гарантуючих стабільну і високу якість системи очищення стічних вод. Систему очищення характеризує ряд критеріїв: економічних, екологічних, енергетичних та соціальних. Економія свіжої води є проблемою, яка частково впливає на всі вищеписані критерії якості.

Проаналізована біогазова технологія з розділенням відпрацьованого субстрату на тверду і рідку фази. Запропоновано і досліджено метод часткового заміщення води рідкою фазою в процесі приготування субстрату. Складені балансові рівняння для технологічних процесів: підготовки субстрату з використанням гною і свіжої води; розділення відпрацьованого субстрату на тверду і рідку фази; підготовки субстрату з використанням гною, води та рідкої фази. Балансові рівняння застосовані для визначення раціональних умов використання рідкої фази в процесі підготовки субстрату для подачі в біореактор.

Запропоновано метод часткового заміщення води, з метою її економії, рідкою фазою відпрацьованого субстрату в процесі приготування свіжого субстрату для подачі в біореактор біогазової установки.

Для описаних технологічних процесів підготовки свіжого субстрату з використанням гною і свіжої води, а також з використанням гною, води та рідкої фази, розділення відпрацьованого субстрату на рідку і тверду фази, складені балансові рівняння, які дають змогу визначити умови ефективного застосування запропонованого методу.

Abstract. Question save fresh water and contaminated as a result of manufacturing processes and everyday life are relevant in the last decades. To improve of ecological air quality, and reduce groundwater pollution abroad actively developed and implemented advanced technologies for wastewater and for solid waste. Although Ukraine

ЗМІСТ

ІННОВАЦІЙНІ РІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

НЕЙТРАЛІЗАЦІЯ КОНДЕНСАТУ ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ З ЗАСТОСУВАННЯМ СПОСОБУ ДИСКРЕТНО-ІМПУЛЬСНОГО ВВЕДЕННЯ ЕНЕРГІЇ	
Долінський А.А., Целень Б.Я., Іваницький Г.К., Коник А.В., Радченко Н.Л., Гартвіг А.П	4
ЕКОНОМІЯ ВОДИ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ БІОГАЗОВОЇ УСТАНОВКИ	
Ткаченко С. Й., Іщенко К. О.	9
ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МОНИТОРИНГ ОЛІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА	
Бурдо О.Г., Бандура В.М., Маренченко О. І., Пилипенко Є. О.	13
ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПАРАМЕТРИ СОРБЦІЙНОГО АКУМУЛЯТОРА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ ВІДКРИТОГО ТИПУ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В СИСТЕМАХ	
Беляновська О.А., Сухий К.М., Коломісць О.В., Сухий М.П.	23
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА СИНТЕТИЧЕСКОГО МОТОРНОГО ТОПЛИВА ИЗ УГЛЯ ПАРОПЛАЗМЕННОЙ ГАЗИФИКАЦИЕЙ	
Холявченко Л.Т., Опарин С.А., Давыдов С.Л.	28
ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ОТОПЛЕНИЯ НА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКАХ ЭНЕРГИИ	
Селихов Ю.А., Коцаренко В.А., Давыдов В.А.	32
ДИНАМІКА ФІЛЬТРАЦІЙНОГО СУШІННЯ ПОДРІБНЕНОГО МІСКАНТУСА	
Атаманюк В.М., проф., Мосюк М.І., Гнатів З.Я.	37
ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ І ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГОТЕЛЬНО РЕСТОРАННИХ КОМПЛЕКСІВ	
І.М.Ощипок	41
ВИЛУЧЕННЯ ГЕОТЕРМАЛЬНОЇ ТЕПЛОТИ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕРМОСИФОНІВ	
Морозов Ю.П., Чаласв Д.М., Величко В.В.	47
О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЛУБОКИХ СКВАЖИН ДЛЯ ТЕПЛОНАСОСНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ В УКРАИНЕ	
Уланов Н.М., Уланов М.Н, Чалаев Д.М.	51
ВПЛИВ ЕФЕКТИВ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ КАВІТАЦІЇ НА ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОДИ	
Авдєєва Л.Ю., Макаренко А.А.	57
ЕНЕРГЕТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ТЕХНОЛОГИЙ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ	
Бурдо О.Г., Давар Ростами Пур	62
ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕПЛОНАДХОДЖЕННЯ ГЕЛЮПАНЕЛІ ДЛЯ ГЕНЕРАЦІЇ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ	
Козін В. М., Винниченко Б. О.	67
УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ БУДІВЕЛЬНИМ ПІДПРИЄМСТВОМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ	
Книш О.І., Беспалова А.В., Дашковська О.П., Файзуліна О.А.	72
АНАЛІЗ ПОВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ ТЕСТОПРИГОТОВЛЕННЯ	
Янаков В.П.	79
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА КОНЦЕНТРИРОВАННОГО ГРАНАТОВОГО СОКА	
Давар Ростами Пур, Войтенко А.К., Светличный П.И., Мордынский В.П.	84
ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ЭНЕРГОЭФЕКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ	
Керш В.Я., Колесников А.В., Гедулян С.И., Твердохлеб С.А.	91
ЕНЕРГЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ТЕПЛОВА МОДЕРНІЗАЦІЯ ГІМНАЗІЇ №5, М. ОДЕСА	
Безбах І. В., Чабанюк В.Р., Воронко О. Ю., Супрунець Є. М.	93
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ КРУП'ЯНОГО ВИРОБНИЦТВА ЯК СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА АГРОПЕЛЕТ	
Хоренжий Н.В., Лапінська А.П., Перетяка С.М., Дєтков Г.Г.	96