

## СПОСІБ БЕЗРЕАГЕНТНОЇ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ КИСЛОГО КОНДЕНСАТУ ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Целень Б.Я., канд. техн. наук  
Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

*Розглянуто способи нейтралізації кислого конденсату продуктів згоряння природного газу. Запропоновано новий високоефективний спосіб нейтралізації кислого конденсату без використання хімічних реагентів, що дозволить використовувати його як воду для живлення котлів.*

*Methods for neutralizing acidic condensate products of natural gas combustion are described. The new highly effective method to neutralize of acidic condensate without using of chemical reagents is offered. It will allow using the acidic condensate as water for boilers.*

Ключові слова: способи нейтралізації, безреагентна нейтралізація, кислий конденсат, вода для живлення котлів.

Однією з основних задач економіки України є енергозбереження. В умовах постійного зростання ціни на природний газ скорочення обсягів його споживання є дуже актуальною проблемою[1].

В промисловості і комунальному господарстві України експлуатується понад 100 тис. котлів, які працюють на природному газі. З них понад 30 тис. котлів доцільно експлуатувати в режимі глибокої утилізації теплоти димових газів. Особливістю цього режиму є те, що димові гази охолоджуються до температури нижче точки роси, що супроводжується частковою конденсацією водяної пари[2]. При цьому за рахунок додаткового виділення теплоти фазового переходу корисне використання теплоти згоряння газу (розраховуючи по його вищій теплоті згоряння палива) становить понад 95 %, забезпечуючи підвищення коефіцієнта корисної дії котла приблизно на 10 %. При існуючих нормах споживання в Україні можна економити близько 500 млн. м<sup>3</sup> природного газу щорічно.

Перешкодою широкому переведенню існуючих котлів в режим глибокої утилізації димових газів є досить висока вартість конденсаційно-утилізаційних установок, в яких теплообмінні поверхні виконані з легованих сталей або інших корозійностійких матеріалів через те, що утворений кислий конденсат (рН=3,8÷4,9) спричиняє інтенсивну корозію теплообмінної поверхні. Однак, враховуючи суттєве зростання ціни на природний газ модернізація існуючих котлів стає економічно доцільною. Також серйозною перешкодою для використання режиму глибокої утилізації теплоти є те, що утворений кислий конденсат не можна зливати в каналізацію без його попередньої нейтралізації.

В країнах Євросоюзу системою утилізації теплоти димових газів оснащено майже 100 % котлів потужністю до 500 кВт і майже 90 % котлів потужністю від 500 до 2000 кВт. В Україні практично відсутні дані щодо використання утилізаційно-конденсаційних установок в галузі комунального господарства.

Кислий конденсат, утворений при спалюванні природного газу за своїм складом в основному є водним розчином діоксиду вуглецю з незначною кількістю домішок оксидів азоту і не містить солей жорсткості. З огляду на це, доцільно розглянути можливість його нейтралізації з метою використання для технологічних потреб підприємств, а також як води для живлення водогрійних котлів промислових і комунальних котельень. Попередні розрахунки показали, що утвореної кількості кислого конденсату повинно повністю вистачити на задоволення потреб котельних у воді для живлення котлів.

Існують два способи нейтралізації кислого конденсату: нейтралізація хімічними реагентами і нейтралізація з використанням масообмінних процесів.

Нейтралізацію кислого конденсату хімічними реагентами можна здійснювати на пристроях з використанням твердого реагенту, автоматизованих пристроях для рідинної нейтралізації[3], а також використовуючи спеціальні хімічні реагенти на основі нейтралізуючих амінів.

Принцип дії пристроїв для нейтралізації кислого конденсату з використанням твердого реагенту ґрунтується на пропусканні кислого конденсату через шар нейтралізуючого реагенту. Використання пристроїв даного типу не передбачає можливості ні регулювати, ні підтримувати на постійному рівні кінцеве значення водневого показника. Економічно доцільно використовувати цей спосіб для котлів потужністю до 1000 кВт.

Принцип дії пристроїв для рідинної нейтралізації ґрунтується на додаванні до кислого конденсату рідкого реагенту, яке здійснюється за допомогою системи керування і дозуючого насоса. Використання автоматизованих пристроїв даного типу дає можливість отримувати стабільне кінцеве значення воднево-

го показника, а також регулювати його в досить широких межах. Економічно доцільно використовувати такі пристрої для котлів потужністю понад 1000 кВт.

Найбільшого поширення вищезгадані способи отримали в країнах Євросоюзу. Інформації щодо використання систем нейтралізації в галузі комунальної енергетики України не знайдено, що вказує на експлуатацію газових котлів без використання глибокої утилізації теплоти димових газів. При такій експлуатації котлів кислий конденсат не утворюється, так як водяна пара разом з димовими газами потрапляє в атмосферу. Істотним недоліком такої експлуатації є низька ефективність роботи котлів і високе споживання палива, тому актуальною є потреба їх модернізації.

Недоліком вищезгаданих способів є забрудненість нейтралізованого конденсату продуктами реакції нейтралізації і, внаслідок цього, неможливість його повторного використання. Використання автоматизованих систем нейтралізації шляхом дозування рідкого реагенту також пов'язане зі значними грошовими витратами.

Використання для нейтралізації кислого конденсату спеціальних хімічних реагентів на основі нейтралізуючих амінів для корекції водневого показника води для живлення котлів є економічно недоцільним через їх високу вартість.

Нейтралізацію кислого конденсату з використанням масообмінних процесів можна проводити на апаратах абсорбційного типу (декарбонізаторах).

Процес декарбонізації води ґрунтується на вилученні з неї розчиненого вуглекислого газу в результаті контакту з повітрям і є одним з найскладніших масообмінних процесів у підготовці води в теплоенергетиці. Його перебіг зумовлений значною кількістю взаємозалежних факторів, здатних змінюватись в широкому діапазоні (наприклад, розчинність вуглекислого газу у воді залежить від її температури, яка в процесі декарбонізації змінюється)[4].

Існує два типи декарбонізаторів: протитечійні і прямоточні.

Як протитечійний декарбонізатор можна використовувати будь-який з відомих протитечійних контактних пристроїв. В теплоенергетиці використовують насадкові (насіпні) апарати. Як насадку в них використовують керамічні кільця Рашига трьох типорозмірів. Ці кільця в нижніх 8–12 шарах викладають регулярно, а на всю іншу висоту засипаються «в навал». Знизу вентилятором подають повітря. Декарбонізатори такої конструкції використовуються понад 60 років і є морально застарілими[5]. Недоліком апаратів даного типу є їхні значні габарити, висока вартість, складність в обслуговуванні і ремонті, а також необхідність індивідуального проектування для конкретних умов.

На сьогоднішній час як прямоточні декарбонізатори використовують ежекційні апарати – водоструминні ежектори і прямоточні розпилювальні тепломасообмінні апарати.

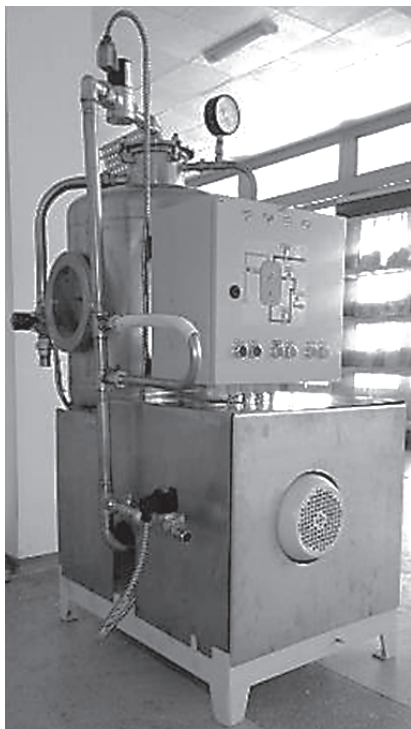
Використання водоструминних ежекторів як декарбонізаторів обмежене початковою концентрацією вуглекислого газу, яка не повинна перевищувати 20 мг/кг так як коефіцієнт ежекції традиційних пристроїв не перевищує 4.

Розроблені також багатоступеневі ежектори з коефіцієнтом ежекції 20...30 принцип дії яких ґрунтується на ежекції струминою води по мірі її руху від однієї ступені до іншої нових порцій повітря. З точки зору техніко-економічних показників даного типу ежектори важко визнати вдалими.

Прямоточні розпилювальні тепломасообмінні апарати можуть мати різноманітне конструктивне оформлення. Коефіцієнт ежекції при їхньому використанні може досягати і навіть перевищувати 1000, а продуктивність знаходиться в діапазоні від одиниць до сотень м<sup>3</sup>/год. без жорсткості режимних параметрів. Застосування модульного підходу, а також можливість виготовлення апарата з будь-якою кількістю секцій дозволяють забезпечити необмежено широкий діапазон регулювання продуктивності декарбонізаційної установки.

Недоліком пристроїв даного типу є досить великі габарити і маса. Загальним недоліком декарбонізаторів є потреба індивідуального розрахунку з врахуванням конкретних умов внаслідок фактичної неповторюваності вихідних даних. Застосування декарбонізаторів для нейтралізації кислого конденсату пов'язане зі значними матеріальними та енергетичними витратами і не отримало широкого поширення.

В Інституті технічної теплофізики НАН України розроблений новий спосіб нейтралізації кислого конденсату, що ґрунтується на використанні фізичних впливів на оброблюване середовище і дозволяє уникати введення хімічних реагентів і характеризується низькими питомими енергетичними і матеріальними витратами. Нейтралізований таким чином кислий конденсат не містить розчинених солей і може повторно використовуватись в системі підготовки води для живлення котлів. Спосіб розроблений на базі фундаментальних досліджень в рамках наукового напрямку дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ) в дисперсні системи [6] з використанням таких механізмів як високочастотні гідродинамічні коливання, що супроводжуються високими окружними швидкостями і напруженнями зсуву, а також кавітаційні явища і швидкоплинні фазові переходи. Проведені лабораторні дослідження зміни водневого показника кислого конденсату, відібраного на районній котельні «Виноградар» м. Києва показали, що його



**Рис. 1 – Дослідна установка для нейтралізації кислого конденсату продуктів згоряння природного газу**

величина зростає до 6,5 і залишається стабільною. Величина загальної жорсткості кислого конденсату становила 0,01 мг-екв/дм<sup>3</sup> до і після обробки.

На рис. 1 зображено дослідну установку для нейтралізації кислого конденсату продуктів згоряння природного газу. Основні технічні характеристики установки: продуктивність – до 1 т/год., питоме енергоспоживання – 2,1 кВт/год., габарити – 600x600x1000 мм., маса – 300 кг.

Запропонований спосіб нейтралізації конденсату має наступні переваги перед існуючими способами нейтралізації: висока продуктивність на одиницю займаної площі, низька металоємність, відсутність використання хімічних реагентів і запобігання забрудненню доквілля.

На основі порівняння різних типів обладнання для нейтралізації кислого конденсату (обладнання для нейтралізації за допомогою твердого реагенту, автоматизованих пристроїв для рідинної нейтралізації, декарбонізаторів) встановлено, що загальні витрати на 1 тону нейтралізованого конденсату, використовуючи розроблену установку в 2-3 рази нижчі, порівняно з існуючим обладнанням [7]. Термін окупності запропонованої установки – до 18 місяців.

**Висновки.** Впровадження запропонованого способу нейтралізації кислого конденсату дасть можливість уникнути використання хімічних реагентів для нейтралізації кислого конденсату і на стадії знесолення води в системах водопідготовки. Це дозволить значно знизити металоємність цих систем за рахунок вилучення відповідного оснащення, знизити витрати праці на обслуговування обладнання, витрату коштів на придбання і регенерацію іонообмінних смол, хімічних реагентів для нейтралізації кислого конденсату, а також уникнути негативного навантаження на оточуюче середовище за рахунок відсутності стоків від регенерації іонообмінних фільтрів і забрудненого продуктами нейтралізації конденсату.

Внаслідок цього поліпшиться стан доквілля за рахунок скорочення шкідливих викидів (хімічно забрудненого нейтралізованого кислого конденсату і відходів установок пом'якшення води) і раціонального використання водних ресурсів шляхом заміщення нейтралізованим конденсатом прісної води для живлення котлів.

#### Література

1. Долінський А.А. Основні положення концепції національної стратегії теплозабезпечення населених пунктів України / А.А. Долінський, Б.І. Басок, Є.Т. Базеев, Г.П. Кучин // Промышленная теплотехника. – 2009. – Т. 31, № 4. – С. 68–77.
2. Лукьянов В. Целесообразность применения конденсационных котлов // ОВВК (ОТОПЛЕНИЕ. ВОДОСНАБЖЕНИЕ. ВЕНТИЛЯЦИЯ кондиционеры) Журнал. – 2009. – №6. – С. 28–31.
3. Полное использование теплоты сгорания топлива в промышленных котельных // Аква-Терм. – 2008. – № 3 (43) – С. 22–29.
4. Шарапов В.И., Сивухина М.А. Декарбонизаторы: Монография. – Ульяновск: УЛГТУ – 2000. – 204 с.
5. Галустов В.С. О декарбонизации воды // Аква-Терм. – 2004. – № 5 (21). – С. 76–79.
6. Долінський А.А. Принцип ДІВЕ та його використання у технологічних процесах. – К.: Наукова думка – 2001. – 346 с.
7. Долинский А.А. Технология и оборудование для нейтрализации кислых стоков. / А.А. Долинский, Ю.А. Шурчкова, Б.Я. Целень // Промышленная теплотехника. Том 36, № 5, 2014. – С. 98–105.