

Н.М. Фіалко, Р.О. Навродська, Г.О. Гнедаш, М.О. Новаківський, Г.О. Сбродова

Інститут технічної теплофізики НАН України, Україна

**ВИКОРИСТАННЯ ТА ВІДВЕДЕННЯ КИСЛОГО ВОДЯНОГО КОНДЕНСАТУ
У ГАЗОСПОЖИВАЛЬНИХ КОТЕЛЬНЯХ**

Наведено аналіз можливостей корисного використання або нейтралізації конденсату, утвореного в системах теплоутилізації газоспоживальних котлів при глибокому охолодженні димових газів. На основі виконаного аналізу та результатів досліджень запропоновано технічне рішення нейтралізатора конденсату з використанням методу його фільтрації в шарі мармурової крихти та наведено приклад його застосування.

Ключові слова: теплоутилізаційні технології, димові гази, глибоке охолодження, декарбонізація.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій

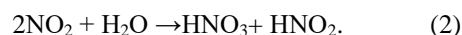
На сьогодні газоспоживальні опалювальні котельні комунальної теплоенергетики України, як правило, експлуатують водогрійні котли, більшість яких характеризуються відносно високою температурою відхідних газів (100 ÷ 200 °С в залежності від режиму їхньої експлуатації протягом опалювального періоду). Із врахуванням технічного стану котлів через амортизацію та існуючої тенденції до енергозбереження таке обладнання потребує модернізації, особливо зараз, коли вартість природного газу постійно зростає на світовому ринку і є загроза зменшення обсягів його закупівлі державою. Нераціональна та підвищена витрата природного газу, окрім його надлишкового використання, посилює також забруднення повітряного басейну.

Одним із дієвих та економічно виправданих напрямів підвищення теплової ефективності цих котлів є глибока утилізація теплоти їхніх відхідних димових газів. Охолодження димових газів в такому режимі відбувається нижче точки роси водяної пари [1–5], у результаті чого утворюється водяний конденсат. За таким принципом відбувається і робота сучасних конденсаційних котлів.

Глибоке охолодження димових газів та використання теплоти конденсації водяної пари, що входить до складу цих газів, супроводжується значним тепловим ефектом, який забезпечує підвищення коефіцієнта використання теплоти палива котельної установки від 5 до 12 %.

Окрім теплового ефекту спостерігається значний екологічний ефект [6–8] завдяки зменшенню витрати палива та розчиненню в конденсаті оксидів вуглецю та азоту, а іноді і оксидів сірки. Контактуючи з водою, оксиди вуглецю і азоту в

результаті хімічної реакції перетворюються у вугільну H_2CO_3 , азотисту HNO_2 і азотну HNO_3 кислоти. В такий спосіб отриманий водяний конденсат стає хімічно агресивним. Основні хімічні реакції утворення цих кислот описуються такими рівняннями:



При спалюванні в котлах природного газу значення показника водню отриманого водяного конденсату рН знаходиться в межах 3 ÷ 6. Утворений при глибокому охолодженні димових газів котлів конденсат характеризується також практично нульовою жорсткістю і його доцільно корисно використовувати.

У разі, коли отриманий конденсат не планується корисно використовувати у котельні або для інших технологічних процесів поза котельнею, виникає потреба його безпечного відведення до каналізації, а отже в подальшому у водний басейн навколишнього середовища. Таке відведення конденсату до стічних вод можливо лише за умови зниження його кислотності до допустимих меж. Це необхідний екологічний захід і експлуатаційна норма для захисту каналізаційної мережі та відповідного обладнання, зокрема очисних споруд від передчасного зношення та недопущення загибелі бактерій, які використовуються на станціях аерації для очищення стічних вод.

У більшості розвинених країн скидання водяного конденсату в каналізаційну мережу суворо регламентується, наприклад в Німеччині, існують приписи [9] щодо відведення в міську каналізацію конденсату від конденсаційних котлів в залежності від їхньої потужності:

- допускається постійно скидати без нейтралізації до системи міської каналізації отриманий конденсат від газоспоживальних конденсаційних котлів номінальною потужністю до 50 кВт або в тих випадках, коли кількість конденсату не перевищує 20 кг/год;

- для котлів номінальною потужністю від 50 до 200 кВт допускається видаляти конденсат без нейтралізації до системи міської каналізації при обладнанні їх спеціальними ємностями, які будуть накопичувати конденсат у нічний час та зливати його в систему каналізації вдень, коли відбувається зливання побутових стічних вод;

- для котлів більше 200 кВт конденсат дозволяється відводити у міську систему каналізації лише після попередньої нейтралізації. При цьому матеріал каналізаційних труб повинен бути корозійностійким відносно конденсату (кераміка, полівінілхлорид, поліетилен або пропілен і т.п.).

У Російській Федерації скидання водяного конденсату регламентується Правилами прийому виробничих стічних вод у системи каналізації населених пунктів, в яких зазначено, що в системи централізованої каналізаційної мережі забороняється скидання стічних вод, витрата і склад яких може привести до перевищення допустимих норм, а саме які мають температуру понад 40 °С, рН < 6,5 або рН > 9 [10].

В Україні також є чинні норми та правила щодо стічних вод до системи водовідведення [11]. Так згідно Додатку 4 [11], маємо що температура стічних вод повинна бути не вище 40 °С, а показник кислотності рН – в діапазоні 6,5 ÷ 8,5. Тому відведення конденсату до каналізації потребує обов'язкової попередньої підготовки.

Якщо планується корисне використання цього конденсату необхідно враховувати кілька факторів. Як варіант, можливість використання конденсату за межами котельні (для пралень, теплиць, басейнів і т.д.). Конденсат, що утворюється може знайти застосування і в котельнях для промивання котлів або в системах хімводоочищення. Що стосується використання конденсату в системах хімводоочищення, то слід зазначити, що при лужній реакції сирі води, що надходить в цю систему, можливо пряме змішування цієї води з конденсатом. При кислотній реакції сирі води вказане пряме змішування можливо за наявності в даній системі деаератора.

Мета статті

Метою роботи є:

- визначення методів та засобів нейтралізації (декарбонізації) водяного конденсату газоспоживальних котелень комунальної теплоенергетики при експлуатації в них конденсаційних котлів або

теплоутилізаційного обладнання з глибоким охолодженням димових газів;

- створення технічного рішення нейтралізатора на основі найбільш ефективного та простого за витратами методу декарбонізації, з наведенням прикладу його застосування.

Викладення основного матеріалу

Можливі напрями застосування конденсату показані на рис. 1.

Як видно за схемою (рис. 1) нейтралізація конденсату необхідна в двох ситуаціях:

а) при неможливості корисного використання і вимушеному скиданні до каналізації;

б) при використанні конденсату для підживлення теплових мереж при значній кислотності сирі води на хімводоочищення.

Власні дослідження властивостей утвореного конденсату, отримані при експериментальних дослідженнях теплообміну в теплоутилізаційному обладнанні, показали, що конденсат на виході з теплоутилізатора містить 70 ÷ 100 мг/л розчиненої вугільної кислоти (H₂CO₃), жорсткість конденсату при цьому не перевищує 3 мг-екв/л.

Такий конденсат досить агресивний і його необхідно декарбонізувати при неможливості корисного використання без нейтралізації. За даними літературних джерел [7, 12] існують кілька шляхів декарбонізації конденсату, зокрема: дегазацією контактним методом, проходженням його через спеціальний гранульований фільтр і змішуванням конденсату з нейтралізуючим розчином, який за допомогою відкаліброваного дозатора, додається в ємність з конденсатом. Наприклад, для нейтралізації вугільної кислоти в конденсаті застосовують мармурову крихту, вапно або розчин, що містить CaCO₃. Для абсорбції інших компонентів конденсат пропускають через шар активованого вугілля. Відомі конструкції таких апаратів, де для нейтралізації конденсату, що утворюється при спалюванні природного газу, застосовуються гранули оксидів магнію.

Серед відомих в Україні напрямів декарбонізації кислого водяного конденсату найбільш поширеними є:

- декарбонізація шляхом дегазації контактним методом, який полягає у виведенні вуглекислого газу CO₂ з підігрітого розчину продуванням повітря в шарі насадки (керамічної або пластикової), по якій стікає конденсат. Дегазація відбувається завдяки нестійкості з'єднання H₂CO₃, яке при нагріванні легко розпадається на H₂O і CO₂;

- декарбонізація хімічна, шляхом з'єднання вугільної кислоти у нерозчинній формі з різними реагентами, які додаються в ємність за допомогою дозатора;

- декарбонізація при проходженні конденсату кальцію, наприклад мармурову крихту або вапно. через гранульований фільтр, що містить карбонат

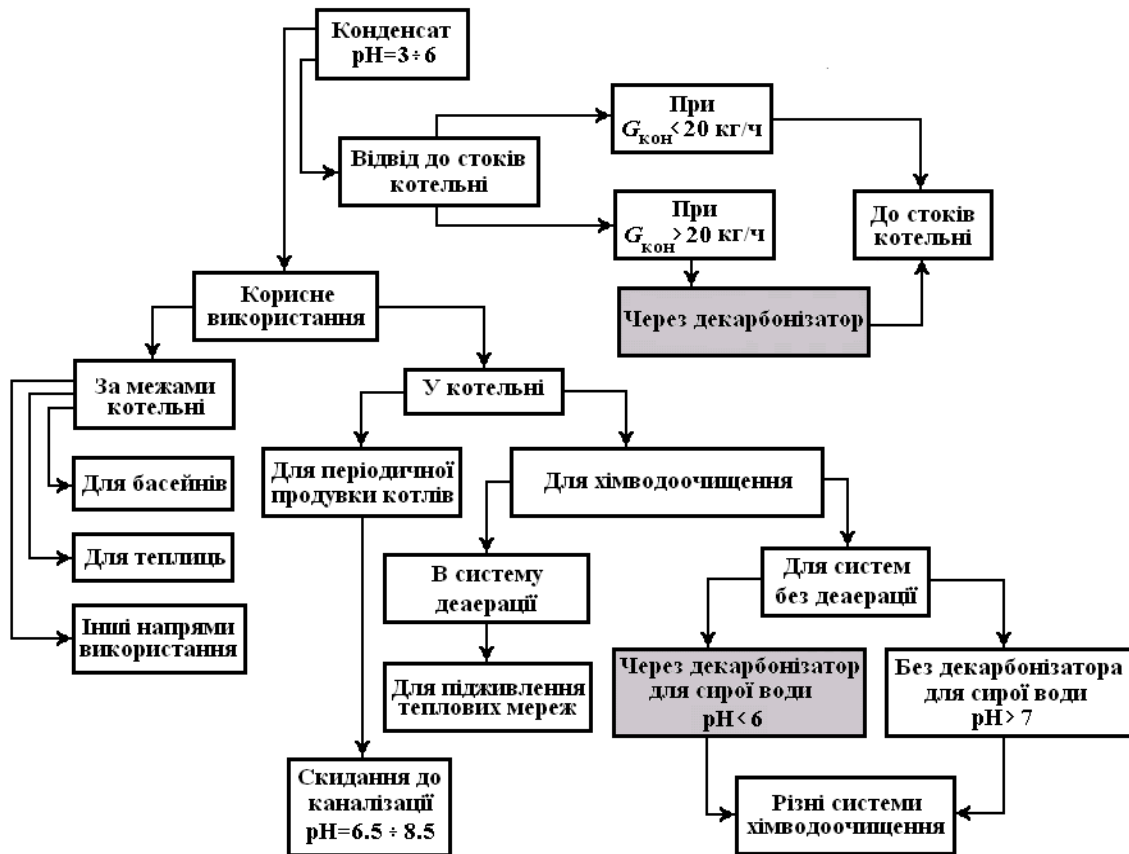


Рис 1. Використання конденсату, утвореного при глибокому охолодженні відхідних газів котельних установок.

Декарбонізація шляхом дегазації контактним методом

При застосуванні цього способу необхідним є встановлення вентилятора, або організація продування повітря через декарбонізатор за допомогою димососа. При цьому створюється додаткове навантаження на димосос і газовідвідний тракт. В даному разі видалене з декарбонізатора повітря надходить до димової труби, що призводить до зниження температури відхідних газів та тяги димової труби. Другим недоліком даної схеми є додаткові викиди CO₂ (викиди парникового газу) за рахунок дегазації конденсату. До того ж, в результаті декарбонізації з конденсату повинна бути виведена вуглецева кислота в такій кількості, щоб показник рН становив 6,5 ÷ 8,5, що буде свідчити про нейтральність розчину. При цьому способі нейтральна реакція рН конденсату може бути досягнута лише при глибокому виведенні вуглекислоти в результаті нульової жорсткості конденсату. Це може потребувати значних витрат повітря для продування, а, відповідно, і великих енергетичних витрат.

Декарбонізація шляхом додавання хімічного розчину

Реалізація другого способу декарбонізації здійснюється завдяки додаванню хімічного нейтралізуючого розчину до конденсату (рис. 2).

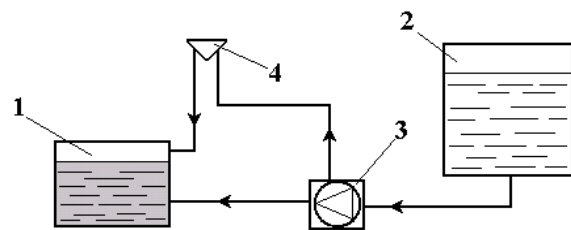


Рис. 2. Схема декарбонізації конденсату хімічним розчином:

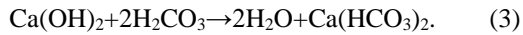
1 – бак збору конденсату; 2 – бак з розчином негашеного вапна; 3 – насос-дозатор; 4 – Ph-метр

Реалізація цього процесу відбувається наступним чином:

- отриманий конденсат накопичується в спеціальному баку певного об'єму;
- розраховується необхідна кількість нейтралізуючої речовини (вапно, карбонат амонію і т.д.);

- до баку з конденсатом додається потрібна кількість нейтралізатора за допомогою насоса-дозатора.

Цей процес легко піддається автоматизації. Наприклад, встановлюється датчик вимірювання рН конденсату, та при зниженні вимірюваної величини нижче встановленого критичного рівня, спрацьовує програма приладів контролю, і включається насос-дозатор, який в автоматичному режимі додає потрібну кількість нейтралізуючої речовини. Витрату вапна можна розрахувати за формулою:



Для реалізації процесу декарбонізації конденсату в автоматичному режимі необхідні відповідні капіталовкладення на насос і дозатор, а також на відносно високий рівень автоматизації цієї схеми нейтралізації.

Доречно зазначити, що хімічна нейтралізація конденсату здійснюється і при його додаванні до сирій води, що надходить на хімводоочищення. Практично всі природні води містять солі вугільної кислоти, які мають буферні властивості. Тому рН природних вод зазвичай коливається від 7 до 7,5, так як іони HCO_3^- перешкоджають CO_2 помітно знижувати рН води. Цю властивість природних вод можна використовувати для розведення води, що надходить на хімводоочищення, утвореним конденсатом. За цих умов установка спеціального нейтралізуючого обладнання не потрібна.

Декарбонізатор з використанням фільтруючого матеріалу

Третій спосіб декарбонізації здійснюється при контакті конденсату з фільтруючим матеріалом (мармурова крихта) завдяки хімічній реакції між вільним кальцієм Ca , що міститься в складі мармурової крихти, та вугільною кислотою H_2CO_3 . При реакції утворюється нерозчинна сполука CaCO_3 . Видалення вугільної кислоти з конденсату при фільтруванні в шарі мармурової крихти вбачається як найбільш простий з розглянутих способів декарбонізації водяного конденсату.

Даний фільтруючий матеріал є досить дешевим, а конструкційні елементи і сполучні трубопроводи для підключення обладнання для нейтралізації можуть бути виготовлені з відповідного типу пластмас або гнучких шлангів. Геометричні параметри (перетин і висота) нейтралізатора повинні забезпечувати необхідну для протікання процесу декарбонізації швидкість течії конденсату.

За результатами проведених досліджень і виконаному аналізу існуючих способів нейтралізації водяного конденсату, отриманого шляхом глибокого охолодження димових газів газоспоживального

котельного обладнання, для його декарбонізації Інститутом технічної теплофізики НАН України запропоновано технічне рішення (рис. 3) з використанням методу фільтрації в шарі мармурової крихти. Як видно з рисунку, нейтралізатор складається з розбірної ємності 1, в якій встановлена водорозподільна решітка 2 (для рівномірного надходження конденсату) над якою знаходиться фільтруючий матеріал 3 відповідного фракційного складу. Крім цього в конструкції передбачені патрубки 4 і 5 для підведення і відведення конденсату, а також патрубки 6 для видалення повітря і 7 для спорожнення даного обладнання при ремонті або технічному обслуговуванні.

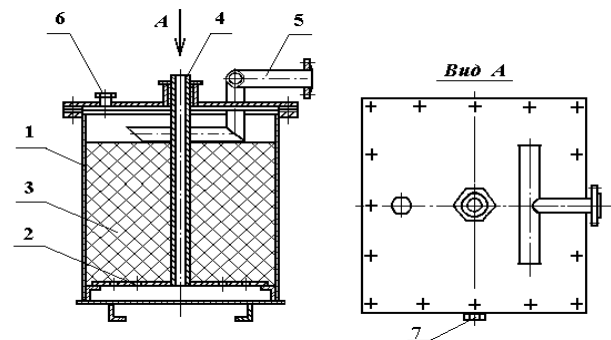


Рис. 3. Нейтралізатор конденсату з використанням фільтруючого матеріалу:

- 1 – корпус; 2 – водорозподільна решітка;
- 3 – фільтруючий матеріал (мармурова крихта);
- 4, 5 – приєднувальні патрубки для підведення та відведення конденсату; 6, 7 – переливний та зливний патрубки.

Напрямок фільтрації відбувається знизу догори. При цьому подача конденсату в фільтр повинна здійснюватися знизу. Дане обладнання забезпечує нейтралізацію конденсату з кислотною реакцією до необхідних нормативних значень ($\text{pH} = 6,5 \div 8,5$) відповідно до [11] для подальшого його відводу в каналізацію або для корисного використання. Термін експлуатації фільтруючого матеріалу розрахований на роботу протягом $3 \div 4$ місяців, після чого він втрачає свої здібності і потрібно його заміна.

Для легкого доступу до фільтруючого матеріалу корпус нейтралізатора оснащений кришкою, а підключення патрубків 4 і 5 рекомендується здійснити на гнучких шлангах. Нейтралізатор може бути приєднаний до збірної ємності, з якої за допомогою насоса декарбонізований конденсат може відводитися до каналізації або бути корисно використаний.

Способи декарбонізації конденсату та необхідність даного процесу, як правило, можуть бути рекомендовані виробником конденсаційних котлів або визначаються проєктувальником на стадії

проектування теплоутилізаційного обладнання в разі модернізації котлів старого зразка.

Як приклад, на рис. 4 представлені результати розрахункових досліджень обсягів утвореного конденсату $G_{\text{кон}}$ в теплоутилізаторі протягом опалювального періоду при модернізації газоспоживального водогрійного котла номінальною тепловою потужністю $Q_k = 1$ МВт.

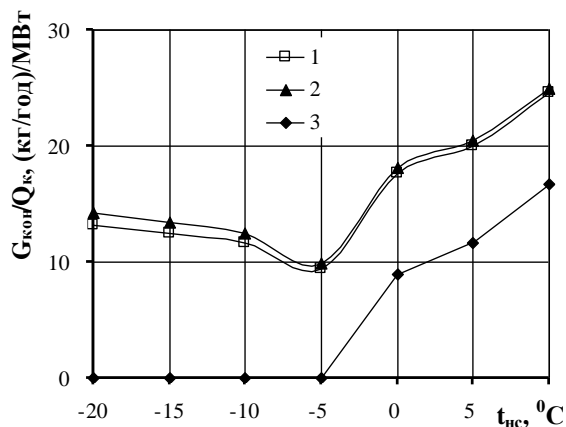


Рис. 4. Відносне значення обсягів утвореного в теплоутилізаторі водяного конденсату на 1 МВт встановленої теплової потужності котла $G_{\text{кон}}/Q_k$ протягом опалювального періоду в залежності від температури навколишнього середовища при комбінованому використанні утилізованої теплоти для нагрівання зворотної тепломережної води та сирі води системи хімводоочищення обсягом 1,5% (1) і 2% (2) від витрати води у котлі та в теплоутилізаторі для нагрівання лише зворотної води (3).

На графіках наведено результати досліджень для двох варіантів використання утилізованої теплоти. Один із них стосується традиційного використання цієї теплоти для попереднього нагрівання лише зворотної тепломережної води, а другий відповідає комбінованому використанню даної теплоти, а саме: для нагрівання зворотної тепломережної води та сирі води системи хімводоочищення. Дані схеми характеризуються різним рівнем охолодження димових газів нижче температури точки роси водяної пари, що міститься в газах.

У разі нагрівання в теплоутилізаторі тепломережної води глибоке охолодження газів нижче температури точки роси реалізується лише в осінньо-весняний період. При комбінованому використанні утилізованої теплоти глибоке охолодження димових газів має місце протягом усього опалювального періоду завдяки доохолодженню димових газів в теплоутилізаторі, призначеному для нагрівання холодної сирі води, що надходить на хімводоочищення.

На основі отриманих результатів можна зробити висновки, що для котла номінальною тепловою потужністю 1 МВт максимальна витрата конденсату при нагріванні лише зворотної води системи тепlopостачання (крива 3) не перевищує 20 кг/год, тобто дозволяється його пряме зливання до каналізації без попередньої декарбонізації. При комбінованому використанні утилізованої теплоти (крива 1 і 2) максимальна витрата конденсату значно збільшується і перевищує значення 20 кг/год, отже у цьому разі обов'язковою умовою є його нейтралізація, якщо не передбачено корисне застосування (рис. 1) водяного конденсату в котельні або за її межами.

Висновки

1. При використанні прогресивних теплоутилізаційних технологій в газоспоживальних опалювальних котельнях існують різні схемні і технічні рішення для можливого корисного використання, або безпечного відведення до каналізаційної мережі кислого водяного конденсату, утвореного при реалізації цих технологій.

2. Застосування нейтралізатора конденсату на основі методу фільтрації в шарі мармурової крихти забезпечуватиме значення показника рН цього конденсату на рівні нормованих значень.

3. Обсяги утвореного конденсату при теплоутилізації димових газів котельних установок суттєво залежать від схеми теплоутилізації і визначаються глибиною охолодження газів нижче температури їхньої точки роси.

Література

1. Фіалко Н.М. та ін. Зменшення вологовмісту димових газів у конденсаційних теплоутилізаторах котельних установок // Науковий вісник НЛТУ України. – 2019. – № 29(8). – С. 116–119. <https://doi.org/10.36930/40290821>
2. Фіалко Н.М. та ін. Підвищення ефективності комбінованих теплоутилізаційних систем газоспоживальних котельних установок // Науковий вісник НЛТУ України. – 2019. – № 29(6). – С. 79–82. <https://doi.org/10.15421/40290616>
3. Balzamor D. S. et al. Increase of efficiency of heat sources work due to application of condensation economizers on an example of a boiler PTVM-180 // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – Т. 412. – №. 1. – С. 012007. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/412/1/012007>
4. Levy E. et al. Recovery of water from boiler flue gas. – Office of Research and Sponsored Programs, 2008. <https://doi.org/10.2172/952467>
5. Wei M. et al. Performance study and application of new coal-fired boiler flue gas heat recovery system // Applied energy. – 2017. – Т. 188. – С. 121–129. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.11.132>
6. Fialko N. et al. Environmental aspects of heat recovery systems of boiler plants // E3S Web of Conferences. – EDP

- Sciences, 2019. – Т. 100. – С. 00015. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910000015>
7. Новаківський М.О. Комплексні теплоутилізаційні системи для котлів малої та середньої потужності з підвищеним вологовмістом відхідних газів : дис. – К. : НАН України, 2017.
8. Navrodska R. et al. Reducing nitrogen oxide emissions in boilers at moistening of blowing air in heat recovery systems // *E3S Web of Conferences*. – EDP Sciences, 2019. – Т. 100. – С. 00055. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910000055>
9. Burger H., Boehle W. Specification sheet ATV-A 251: Energy-saving high-efficiency boiler systems and condensation water removal; Arbeitsblatt ATV-A 251 schafft Klarheit: Energiesparende Brennwertanlagen und Kondenswasserableitung // *Waermetechnik-Versorgungstechnik*. – 2000. – Т. 45. <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/20087888>
10. Катков Д.С. Комплексная экологическая оценка работы газовых конденсационных котлов // *Аграрный научный журнал*. – 2015. – №. 2. – С. 42–44.
11. Про затвердження правил приймання стічних вод до систем централізованого водовідведення та порядку визначення розміру плати, що справляється за понаднормативні скиди стічних вод до систем централізованого водовідведення: наказ Міністерства України від 01.12.2017 <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0056-18>
12. Ефимов А. В. и др. Современные технологии глубокого охлаждения продуктов сгорания топлива в котельных установках, их проблемы и пути решения. – 2017. <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/32826>

References

1. Fialko, N.M., Navrodska, R.O., Shevchuk, S.I., Gnedash, G.O., & Glushak, O.Y. (2019). Reduction of moisture content of exhaust gases in condensing heat-recovery exchangers of the boiler plants. *Scientific Bulletin of UNFU*, 29(8), 116–119. <https://doi.org/10.36930/40290821>
2. Fialko, N.M., Gnedash, G.O., Navrodska, R.O., Presich, G.O., & Shevchuk, S.I. (2019). Improving the efficiency of complex heat-recovery systems for gas-fired boiler installations. *Scientific Bulletin of UNFU*, 29(6), 79–82. <https://doi.org/10.15421/40290616>
3. Balzamor, D.S., Sabitov, L.S., Timershin, B.F., & Balzamor, E.Y. (2018). Increase of efficiency of heat sources work due to application of condensation economizers on an example of a boiler PTVM-180. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 412(1), 012007. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/412/1/012007>
4. Levy, Edward, Bilirgen, Harun, Jeong, Kwangkook, Kessen, Michael, Samuelson, Christopher, & Whitcombe, Christopher. *Recovery of Water from Boiler Flue Gas*. United States. <https://doi.org/10.2172/952467>
5. Wei, M., Zhao, X., Fu, L., & Zhang, S. (2017). Performance study and application of new coal-fired boiler flue gas heat recovery system. *Applied energy*, 188, 121–129. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.11.132>
6. Fialko, N., Navrodska, R., Ulewicz, M., Gnedash, G., Alioshko, S., & Shevchuk, S. (2019). Environmental aspects of heat recovery systems of boiler plants. In *E3S Web of*

- Conferences*, Vol. 100, p. 00015. EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910000015>
7. Novakivskii, M. Kompleksni teploutylyzatsiyni systemy dlya kotliv maloyi ta serednoyi potuzhnosti z pidvyshchenym volohovmistom vidkhidnykh haziv [Complex heat-utilization systems for low and middle power boilers with increased moisture content of waste gases]. *The thesis for a Degree of "Candidate of Technical Science"*, specialty 05.14.06 / NAS of Ukraine, Kyiv, 2017, 21.
8. Navrodska, R., Fialko, N., Presich, G., Gnedash, G., Alioshko, S., & Shevchuk, S. (2019). Reducing nitrogen oxide emissions in boilers at moistening of blowing air in heat recovery systems. In *E3S Web of Conferences*, Vol. 100, p. 00055. EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910000055>
9. Burger, H., & Boehle, W. (2000). Specification sheet ATV-A 251: Energy-saving high-efficiency boiler systems and condensation water removal; Arbeitsblatt ATV-A 251 schafft Klarheit: Energiesparende Brennwertanlagen und Kondenswasserableitung. *Waermetechnik-Versorgungstechnik*, 45. <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/20087888>
10. Katkov, D.S. (2015). Kompleksnaya ekologicheskaya otsenka raboty gazovykh kondensatsionnykh kotlov. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*, (2), 42–44.

11. On approval of the rules of sewage reception to centralized drainage systems and the procedure for determining the size of the charge for over-discharge wastewater to centralized drainage systems : order of the Ministry of Regional Development of Ukraine from 01.12.2017, available at: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0056-18>
12. Efimov, A.V., Goncharenko, A.L., Goncharenko, L.V., & Esipenko, T.A. (2017). *Sovremennye tekhnologii glubokogo okhlazhdeniia produktov sgoraniia topliva v kotelnykh ustanovkakh, ikh problemy i puti resheniia*. Kharkiv Polytechnic Institute, Kharkiv. <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/32826>

Рецензент: доктор технічних наук, професор В.Г. Прокопов, Інститут технічної теплофізики НАН України, Україна.

Автор: ФІАЛКО Наталя Михайлівна доктор технічних наук, професор, член-кореспондент НАН України, завідувач відділу теплофізики енергоефективних теплотехнологій Інститут технічної теплофізики НАН України E-mail – nmfialko@ukr.net ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0116-7673>

Автор: НАВРОДСЬКА Раїса Олександрівна кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник відділу теплофізики енергоефективних теплотехнологій Інститут технічної теплофізики НАН України E-mail – navrodska-ittf@ukr.net ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7476-2962>

Автор: ГНСДАШ Георгій Олександрович
кандидат технічних наук, старший науковий
співробітник відділу теплофізики енергоефективних
теплотехнологій
Інститут технічної теплофізики НАН України
E-mail – navrodska-ittf@ukr.net
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0395-9615>

Автор: СБРОДОВА Галина Олександрівна
кандидат фізико-математичних наук, старший
науковий співробітник відділу теплофізики
енергоефективних теплотехнологій
Інститут технічної теплофізики НАН України
E-mail – navrodska-ittf@ukr.net
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2539-1146>

Автор: НОВАКІВСЬКИЙ Максим Олександрович
кандидат технічних наук, молодший науковий
співробітник відділу теплофізики енергоефективних
теплотехнологій
Інститут технічної теплофізики НАН України
E-mail – nmfialko@ukr.net
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2129-2068>

USE AND DISPOSAL OF ACIDIC WATER CONDENSATE FROM GAS-FIRED BOILER UNITS

N. Fialko, R. Navrodska, G. Gnedash, M. Novakivskii, G. Sbrodova

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

During operation in boiler units of modern condensing boilers or modernization of old-style boilers, water condensate is formed due to heat-recovery equipment in the mode of cooling exhaust-gases below the dew point of water vapor. At natural gas is burned in equipment, the range of values of the pH value of the condensate is within the range of 3 ÷ 6. In this connection, the problem arises of the useful use of this condensate or its safe drainage into the sewer network. At useful use, the resulting condensate can be used for the needs of the boiler units (for washing boilers, in chemical water-purification systems) or outside the boiler house (for laundries, greenhouses, swimming pools, etc.). In the case of condensate drainage into the city sewer network, as a rule, its preliminary decarbonization is required. This is a necessary environmental measure and operational standard to protect the sewer network and related equipment, including treatment facilities, from premature wear.

Among the directions of condensate decarbonization known in Ukraine, the most common are:

- decarbonization by degassing by the contact method, which consists in removing CO₂ from the heated solution by blowing air in the nozzle layer (ceramic or plastic), through which condensate flows. Degassing occurs due to the instability of the H₂CO₃ compound, which, when heated, easily decomposes into H₂O and CO₂;*
- chemical decarbonization, by combining carbon dioxide in an insoluble compound with various reagents, which are added to the container using a dispenser;*
- decarbonization by passing the condensate through a granular filter containing calcium carbonate, such as marble chips or lime.*

Removal of carbonic acid from condensate during filtration in a layer of marble chips is seen as the simplest method of decarbonization of water condensate from those considered. On the basis of this method of decarbonization, the authors propose a technical solution for the developed neutralizer with a description of its design and operating principle.

The paper presents the results of calculated studies of the volumes of formed condensate and an example of its safe use in the case of modernization of a gas-fired water-heating boiler with a nominal thermal power of 1 MW by a heat-recovery system with simple or complex use of heat.

It is shown that when using modern heat-recovery technologies in gas-fired boiler houses, there are different circuit and technical solutions for possible useful use or safe evacuation of acidic condensate formed during the implementation of these technologies. In cases where it is advisable to neutralize this condensate, there are effective methods for its decarbonization and appropriate equipment.

Keywords: *heat-recovery technologies, exhaust-gases, deep cooling, decarbonization.*