

УДК 621.187:6

Пров. наук. співроб. Р.О. Навродська –
Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОУТИЛІЗАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК КОМУНАЛЬНОЇ
ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ**

Проаналізовано сучасні теплоутилізаційні технології для газоспоживальних котельних установок комунальної теплоенергетики і виявлено шляхи підвищення їхньої ефективності. Запропоновано вдосконалену технологію утилізації теплоти відхідних газів із використанням комбінованої теплоутилізаційної системи, призначеної для нагрівання зворотної тепломережної води і холодної води системи хімічного водоочищення. Досліджено теплову ефективність цієї системи і визначено рівні підвищення коефіцієнта використання теплоти палива КВП котельної установки протягом опалувального періоду.

Ключові слова: опалувальні котельні установки, теплоутилізація, глибоке охолодження відхідних газів, тепла ефективність.

Вступ. Одним із шляхів підвищення ефективності використання палива в комунальній теплоенергетиці є утилізація втрат теплоти котельних установок з відхідними газами. Утилізація цих теплових викидів шляхом глибокого охолодження димових газів (нижче від температури точки роси водяної пари, що міститься в газах), і використанням теплоти конденсації цієї пари стримується низкою проблем, пов'язаних: з недостатньою ефективністю теплоутилізаційних систем, зі складністю розміщення функціональних елементів і з'єднувальних комунікацій таких систем у стиснених умовах сучасних котельнь, з потребою захисту газівідвідних трактів від корозійного руйнування, спричиненого утворенням під час глибокого охолодження газів кислим конденсатом з водневим показником $\text{pH} = 5-6$ тощо.

Найпоширенішим напрямом теплоутилізації відхідних газів водогрійних опалувальних котлів є підігрівання в теплоутилізаційному устаткованні зворотної води системи тепlopостачання перед надходженням її до котла [1-4]. У цьому разі утилізована теплота використовується безпосередньо в котлі. У разі такого традиційного використання утилізованої теплоти глибоке охолодження димових газів реалізується здебільшого тільки в осінньо-весняний період за відносно незначних навантажень котлоагрегата. За цих умов приріст ККД котла становить зазвичай 3-6 %. З метою підвищення ефективності використання палива шляхом реалізації глибокого охолодження відхідних газів упродовж усього опалувального періоду потрібно використовувати утилізовану теплоту також для нагрівання теплоносіїв більш холодних, ніж зворотна вода теплової мережі. Такими теплоносійми можуть слугувати холодна вода системи хімічне водоочищення (ХВО), вода технологічних потреб, дуттьове повітря тощо. У цьому разі в теплоутилізаційній установці буде здійснюватись комбіноване використання утилізованої теплоти, а саме: для нагрівання зворотної тепломережної води і більш холодного теплоносія.

Мета роботи – проаналізувати ефективність теплоутилізаційних систем газоспоживальних опалувальних котлів з комбінованим використанням утилізованої теплоти для нагрівання води теплової мережі та системи хімічне водоочищення.

3. З'ясовано, що зі збільшенням температури у печі процес зростання температури на не обігрівальній поверхні плавно зростає протягом 8-10 хв до температури 90-105 °С, потім залишається сталим до 10-15 хв. Під час цього періоду видно, як випаровується хімічно-зв'язана вода з вермикулітового концентрату, після чого стрибкоподібно зростає. Таким чином, можна стверджувати, що в період сталої температури – це вогнезахисний час, під час якого відбувається фазові перетворювання, у вермикуліто-силікатній плиті вигорає в'яжуче, наповнювач та випаровується вода. Вермикуліт не зазнає руйнувань, оскільки температура плавлення вермикуліту становить 1350 °С.

Література

1. Ройтман М.Я. Пожарная профилактика в строительном деле / М.Я. Ройтман. – Изд. 2-ое, [перераб. и доп.]. – М.: Изд-во министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1961. – 368 с.
2. Ройтман В.М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий / В.М. Ройтман // Ассоциация "Пожарная безопасность и наука", 2001. – 382 с.
3. ДСТУ Б В.1.1-17:2007 "Вогнезахисні покриття для будівельних несучих металевих конструкцій. Методи визначення вогнезахисної здатності" (ENV 13381 4:2002, NEQ).
4. ДСТУ Б В.1.1-4-98* "Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні положення".
5. Муфельна електропіч ЧОЛ-1,6,2,0,0,8/9-М1 УХЛ4,2. Настанова з експлуатації.
6. Перетворювач вимірювальний інтелектуальний РТ 0102-8-К. Настанова з експлуатації.

Лазаренко О.В., Боднарук Т.Я., Лоик В.Б., Гарнык С.В. Экспериментальное исследование повышения огнезащиты металлических конструкций вермикулито-силикатными плитами

Предложено использование вермикулито-силикатных плит для повышения огнезащиты металлических строительных конструкций. На основе проведенного эксперимента выявлено, что вермикулито-силикатные плиты являются негорючими. Проведена оценка огнезащитного эффекта вермикулито-силикатных плит за счет химических процессов, происходящих в вермикулите. Проанализирован огнезащитный эффект с определением огнестойкости вследствие воздействия стандартного температурного режима пожара. Экспериментально определена огнестойкость плиты с потерей теплоизоляционной способности, а также процессы и фазовые превращения, которые проходят в вермикулито-силикатной плите при нагревании.

Ключевые слова: вермикулито-силикатные плиты, огнестойкость, огнезащитный эффект, фазовые превращения, металлические строительные конструкции, группа горючести.

Lazarenko O.V., Bodnaruk T. Ya., Loik V.B., Harnyk S.V. Experimental Investigation of Increasing Fire Protection of Metal Structures Using Vermiculite-silicate Plates

The use of vermiculite-silicate plates to improve fire protection metal constructions is offered. Based on the experiment, the vermiculite-silicate plates are revealed to be non-combustible. The evaluation of the effect of fireproof vermiculite-silicate plates by chemical processes that occur in vermiculite is made. Fireproof effect of the definition of fire due to the impact of the standard fire temperature conditions is analysed. Fire insulation slabs due to the loss of capacity and also processes and phase transformations taking place in vermiculite-silicate plate during heating are experimentally determined.

Keywords: vermiculite-silicate plates, fire resistance, fireproof effect, phase transformations, metal constructions, flammability group.

Виклад основного матеріалу. Для реалізації зазначеного комбінованого використання утилізованої теплоти в теплоутилізаційній схемі після теплоутилізатора для нагрівання зворотної води запропоновано встановлення ще одного теплообмінника для нагрівання холодної води, що надходить в систему хімічне водоочищення. На рис. 1 наведено схему такої теплоутилізаційної установки. За вказаного комбінованого використання теплоти буде забезпечуватись підвищення і ККД котла (внаслідок підігрівання зворотної води) і приріст його КВП (під час нагрівання води для ХВО).

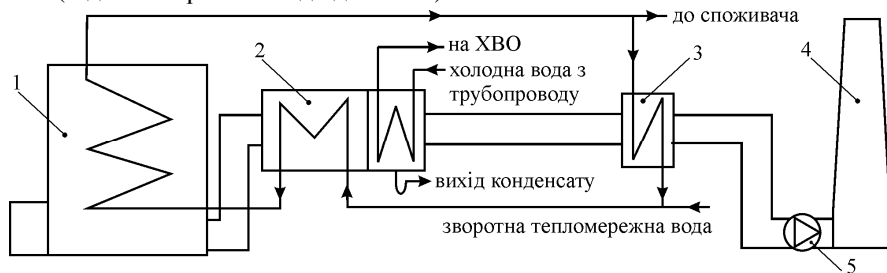


Рис. 1. Принципова схема теплоутилізаційної установки:

- 1) котел; 2) теплоутилізатор (нагрівач зворотної води та сирої води);
3) газопідігрівач; 4) димова труба; 5) димосос

У цій схемі обидва водогрійні теплоутилізатори агрегатовано в один корпус для більшої компактності і зручності розміщення у стиснених умовах котельні. З метою антикорозійного захисту газовідвідних трактів у схемі передбачено газопідігрівач, у якому димові гази після охолодження нижче від температури точки роси нагріваються на певну величину Δt , потрібну для запобігання випаденню конденсату в цих трактах [5].

Конденсат, утворений під час глибокого охолодження димових газів у теплоутилізаторі, може корисно використовуватись у котельні або відводитись в каналізацію через нейтралізатор з метою дотримання норм скидних стоків.

Теплова ефективність наведеної теплоутилізаційної установки істотно залежить від рівня конденсації пари з димових газів. Для визначення цього рівня проведено розрахункові дослідження, які полягали у встановленні залежності від режимних параметрів котлоагрегатів та теплоутилізаційного устаткування відносної величини K , яку визначено за виразом

$$K = \frac{X_{my}}{X_k},$$

де X_k, X_{my} – значення вологовмісту димових газів після котла та теплоутилізатора відповідно. На рис. 2 наведено дані щодо зміни коефіцієнта K протягом опалювального періоду у разі використання утилізованої теплоти тільки для нагрівання зворотної води і за комбінованого її використання для різних норм витрати води g на хімводочищення (1,5 % та 2 % від витрати води на котел, що відповідає нормам підживлення теплових мереж).

Дані рис. 3 ілюструють результати досліджень рівня приросту ККД котла або коефіцієнта використання теплоти палива КВП $\Delta\eta$ для запропонованої теплоутилізаційної установки.

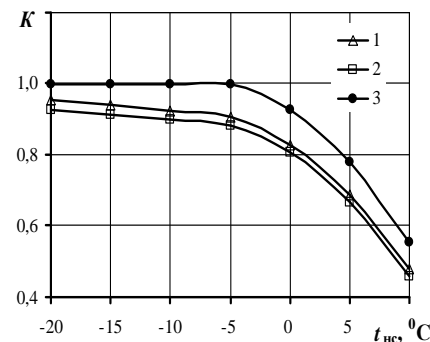


Рис. 2. Залежність коефіцієнта K від температури навколишнього середовища $t_{вс}$ у разі використання утилізованої теплоти для нагрівання зворотної води (3) і за комбінованого використання теплоти та різних норм витрати води на хімічне водоочищення (1, 2); 1 – $g = 1,5$ %; 2 – 2 %; 3 – без ХВО

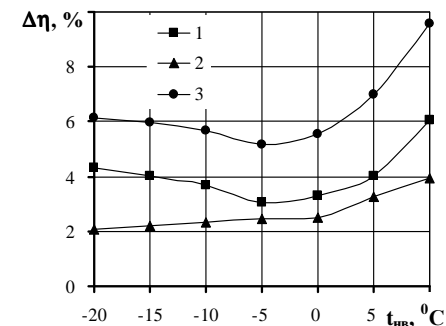


Рис. 3. Залежність від температури навколишнього середовища $t_{вс}$ рівня приросту ККД котла або коефіцієнта використання теплоти палива КВП $\Delta\eta$ за використання утилізованої теплоти для нагрівання зворотної води (1), сирої води ХВО (2) і за комбінованого використання теплоти (3) за норми витрати води на хімводочищення $g = 1,5$ %

Розрахунки виконано для таких умов: поверхня теплообміну теплоутилізаторів компонована із оребрених біметалевих труб (сталева основа з алюмінієвим оребренням), розрахункова температура повітря для системи опалення $t_{вн}^p = -20$ °C, її температурний перепад $\Delta T = 70-115$ °C, температуру зворотної тепломережної води прийнято згідно з тепловим графіком, початкова температура сирої води становила 5 °C, кінцева – 30÷40 °C.

Як видно з отриманих результатів, сумісне використання двох водогрійних теплоутилізаторів забезпечує більш глибоке охолодження відхідних газів котла, вищий рівень конденсації пари і підвищення коефіцієнта використання теплоти палива КВП котельної установки в межах опалювального періоду на 5,2-9,8 %, а в разі використання утилізованої теплоти тільки для нагрівання зворотної тепломережної води ККД котла зростає тільки на 3,1-6 %. При цьому менше значення приросту ККД (КВП) відповідає холодному періоду опалювального сезону, коли температура зворотної води $t_{зв} > 50$ °C, а більше – осінньо-весняному періоду, у якому температура $t_{зв} < 50$ °C. Це можна пояснюється тим, що тільки за $t_{зв} < 50$ °C у теплоутилізаторі реалізується глибоке охолодження димових газів із конденсацією частини пари, що міститься в газах, і використання теплоти конденсації цієї пари.

Високі показники теплової ефективності комбінованої системи відповідають збільшенню загальної площі теплообміну агрегатованих в одному корпусі двох теплоутилізаторів тільки на 15 %, порівняно з площею теплоутилізатора, призначеного тільки для нагрівання зворотної води. Варто зазначити, що застосування запропонованої теплоутилізаційної технології з глибоким охоло-

дженням димових газів забезпечує, окрім економії палива, значний екологічний ефект завдяки зменшенню витрати палива на 5,2-9,8 % та розчиненню в утвореному конденсаті окисів вуглецю та азоту.

Виконані розрахунки економічності теплоутилізаційної установки з комбінованим використанням утилізованої теплоти показують, що термін окупності витрат на її впровадження для котлів малої та середньої потужності в комунальній сфері не перевищує 2 років.

Висновки:

1. Для опалювальних котельних установок запропоновано вдосконалену теплоутилізаційну технологію з комбінованим використанням утилізованої теплоти для нагрівання зворотної тепломережної води та води системи хімічне водоочищення за дотримання умов антикорозійного захисту димових труб.
2. Показано, що використання запропонованої технології забезпечує підвищення коефіцієнта використання теплоти палива КВП котельної установки в межах опалювального періоду на 5,2-9,8 % і відповідне зменшення шкідливих викидів у навколишнє середовище.

Література

1. Фялко Н.М. Термодинамическая оптимизация и анализ эффективности теплоутилизационной системы котельных агрегатов / Н.М. Фялко, Ю.В. Шеренковский, А.И. Степанова, Г.А. Пресич, Р.А. Навродская, О.Е. Малецкая, Г.А. Гнедаш // Промышленная теплотехника : сб. науч. тр. – 2012. – Т. 34, № 2. – С. 59-66.
2. Баскаков А.П. Анализ возможностей глубокого охлаждения продуктов сгорания котельных установок / А.П. Баскаков, В.А. Мунц, Н.Ф. Филипповский, О.А. Раков, Е.В. Черепанова // Промышленная энергетика : сб. науч. тр. – 2009. – № 10. – С. 53-58.
3. Кудинов А.А. Охлаждение продуктов сгорания природного газа в конденсационных теплоутилизаторах / А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина // Промышленная энергетика : сб. науч. тр. – 2010. – № 4. – С. 39-43.
4. Фялко Н.М. Эффективность применения конденсационных теплоутилизаторов в системах теплоснабжения / Н.М. Фялко, И.З. Аронов, Р.А. Навродская, Г.А. Пресич // Промышленная теплотехника : сб. науч. тр. – 2003. – Т. 25, № 3. – С. 36-41.
5. Фялко Н.М. Тепловые методы защиты газоотводящих трактов котельных установок с глибоким охлаждением дымовых газов / Н.М. Фялко, Р.А. Навродская, С.И. Шевчук, Г.А. Пресич, Г.А. Гнедаш // Современная наука: исследования, идеи, результаты, технологии : сб. науч. тр. – Сер.: Технические и естественные науки. – 2014. – № 2(15). – С. 13-17.

Навродская Р.А. Повышение эффективности теплоутилизационных технологий для котельных установок коммунальной теплоэнергетики

Проанализированы современные теплоутилизационные технологии для газопотребляющих котельных установок коммунальной теплоэнергетики и определены пути повышения их тепловой эффективности. Предложена усовершенствованная технология утилизации теплоты отходящих газов с использованием комбинированной теплоутилизационной системы, предназначенной для нагревания обратной теплосетевой воды и холодной воды системы химводоочистки. Проведены исследования тепловой эффективности данной системы и определены уровни повышения коэффициента использования теплоты топлива КИТ котельной установки на протяжении отопительного периода.

Ключевые слова: отопительные котельные установки, теплоутилизация, глубокое охлаждение отходящих газов, тепловая эффективность.

Navrodska R.A. Improving the Efficiency of Heat Utilization Technologies for Municipal Heating Boilers

The analysis of modern heat utilization technologies for gas-working boilers of municipal power system is done. The ways for improving of their effectiveness are found. An advanced technology is proposed for exhaust gas heat utilization using heat utilization combined system for heating backward water of heating network and cold water of chemical water treatment system. A study of the heating efficiency of the system is provided. The levels of factor improvement of utilization of heat fuel of boiler system for heating season are determined.

Keywords: heating boilers, heat utilization, deep cooling of exhaust gases, heat efficiency.

УДК 681.5:004.[8+94]

Доц. Д.А. Наговський, канд. техн. наук –
Херсонська державна морська академія

ПРОБЛЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ СУДНОВИХ СИНХРОННИХ ГЕНЕРАТОРІВ

Досліджено проблеми управління судновими генераторами в перехідних режимах. Розглянуто наявні системи генерації напруги та регулятори. Наочно наведено судовий синхронний генератор як об'єкт класичної теорії автоматичного управління, його принципову схему та модель у пакеті програм Simulink Matlab, а також структурну схему системи регулювання напруги змінного струму. Показано закономірності процесу управління напругою синхронних генераторів та надано рекомендації стосовно співвідношення "точність регулювання / стійкість".

Вступ. Розвиток сучасних морських суден різного призначення характеризується вирішенням питань, спрямованих на раціональне використання електроенергії та застосування оптимізованих режимів роботи енергетичних установок. Основними джерелами електроенергії на судні є дизель-генератори. Навантаження на електроенергетичну систему судна постійно змінюється у процесі експлуатації [1]. Спираючись на це, можна констатувати, що перехідний режим роботи генераторів займає чималу частку в загальному періоді їх роботи. Робота у перехідному режимі зумовлює провали напруги та інші відхилення від показників якості електроенергії, що негативно позначається на стані електрообладнання суден. Тому дослідження процесу регулювання напруги судових генераторів у перехідних режимах роботи є **актуальним завданням**.

Методи і матеріали. Як відомо, широке застосування безщіткових генераторів із збудниками і випрямлячами, що обертаються, в автономних системах електропостачання зумовлено зростанням потужностей синхронних генераторів, а відповідно, і збільшенням потрібних потужностей збудження, які залишають 1-1,5 % і більше від потужності генераторів [1, 4].

Один з основних недоліків таких систем є інерційність діючої системи, яка визначається постійною часу збудника і може становити 0,3-0,5 с, що істотно знижує ефективність регулювання збудження. Потрібно зазначити, що в сучасних системах генерації як регулятори напруги застосовують транзисторні регулятори. При цьому транзистор працює в режимі ключа. Величина ж струму збудження регулюється зміною шпаруватості, тобто співвідношення відкритого і закритого стану силового транзистора. Спрощену силову схему живлення обмотки збудження збудника (генератора) представлено на рис. 1.