

УДК 697.432.7

Зниження впливу забруднення поверхонь нагріву твердопаливних теплогенераторів невеликої потужності

М. П. Сенчук¹, А. М. Рибка², О. І. Юрко³

¹к.т.н., доц., Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна, smp_21@ukr.net
ORCID: 0000-0001-8968-7336

²студент, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна, andrii.rybka95@gmail.com

³студентка, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, Україна, yurko.olena@gmail.com

***Анотація.** У статті проаналізовано дослідження забезпечення теплової ефективності конвективних поверхонь нагріву твердопаливних котлів шляхом їхнього періодичного чищення. Розглянуто різні фактори, що впливають на ступінь забруднення теплообмінних поверхонь, які омиваються газами продуктів згоряння. Розглянуто можливість зниження негативного впливу цих забруднень. Показано, що за конструкції теплогенераторів невеликої теплопродуктивності, конвективний пакет яких здебільшого з одно- та двоходовим горизонтальним рухом димових газів, можливе посилене нарощування забруднення поверхонь, особливо при зміні інтенсивності процесу спалювання. Відмічено, що при малій частоті чищення початкові пухкі нестійкі відкладення, які легко піддаються очищенню, можуть перетворюватися на щільні спечені утворення. За наявності останніх важко досягти необхідної чистоти поверхні, і, відповідно, прийняттого коефіцієнта теплової ефективності. Обґрунтовано неефективність і трудомісткість ручного чищення та доцільність застосування механізованого чищення конвективних поверхонь опалювальних твердопаливних котлів невеликої теплопродуктивності. Описано конструктивну схему твердопаливного теплогенератора з механізованим очищенням вертикального трубчастого конвективного пакету комбінованими турбулізаторами спеціальної конструкції. Проведено розрахунковий порівняльний аналіз економічності роботи твердопаливного котла теплопродуктивністю 0,63 МВт за умови збільшення частоти чищення конвективних поверхонь механічними пристроями, що забезпечує досягнення рівномірності наявного теплового навантаження впродовж тривалої експлуатації. Упровадження такого класу котельного обладнання є перспективним в комунальній енергетиці для зменшення трудомісткості обслуговування й економії паливних ресурсів.*

***Ключові слова:** твердопаливний теплогенератор, трубчасті конвективні поверхні, димогазна труба, коефіцієнт теплової ефективності, забруднення поверхонь нагріву, ручне очищення теплообмінних поверхонь, механізоване очищення теплообмінних поверхонь, комбінований турбулізатор*

Вступ. Використання органічного палива, серед різноманітних джерел енергії, залишається переважним. Разом з тим, ефективне спалювання твердого палива потребує як удосконалення традиційних, так і освоєння нових технологій для забезпечення нормативних економічних і екологічних показників на різних видах палива. Забезпечення ефективності експлуатації ускладнюється зі зниженням якості палива та за змінного режиму роботи котлів. Спалювання твердого палива супроводжується підвищеним забрудненням теплообмінних поверхонь. Це призводить до зниження коефіцієнта корисної дії під час експлуатації теплогенераторів. Маса легкої золи в димових газах зростає пропорційно зольності вихідного палива. З іншого боку, дефіцит і зростання вартості якісного палива вимагає використання високозольного вугілля. При спалюванні останнього інтенсивність забруднення поверхонь нагріву значно збільшується під час тривалої експлуатації. Негативний вплив забруднення поверхонь посилюється при за-

стосуванні різних засобів інтенсифікації теплообміну, що необхідно для забезпечення нормативних показників роботи. Забруднення поверхонь супроводжується зниженням їхньої теплової ефективності, погіршенням екологічних показників, економічності, надійності і маневреності роботи теплогенераторів. Періодичне очищення поверхонь під час експлуатації дає можливість збільшити теплову ефективність. У котлах невеликої теплопродуктивності чищення поверхонь здійснюється здебільшого вручну під час зупинки їхньої роботи. За наявності засобів інтенсифікації теплообміну трудомісткість чищення зростає. За великої складності цього процесу та через необхідність перерви в роботі котла чищення поверхонь з боку газів відбувається рідко – один-два рази в опалювальний сезон. Такий режим експлуатації теплогенератора супроводжується низьким середнім коефіцієнтом корисної дії. Тому застосування засобів інтенсифікації теплообміну із забезпеченням зниження впливу забруднення поверхонь є важливим при роз-

робці ефективної конструкції та подальшої надійної експлуатації твердопаливних теплогенераторів.

Актуальність дослідження. Забезпечення чистоти теплообмінних поверхонь для досягнення їхньої високої теплової ефективності є важливим завданням задля підвищення економічності та надійності експлуатації твердопаливних теплогенераторів невеликої потужності, особливо при спалюванні низькосортного палива.

Останні дослідження та публікації. Результати теоретичних і експериментальних досліджень [1-12 тощо] підтверджують значний вплив забруднення й шлакування поверхонь нагріву продуктами згоряння на ефективність роботи твердопаливних теплогенераторів. Зниження якості твердого палива особливо ускладнює умови експлуатації, що призводить до зменшення наявної потужності, маневреності, економічності і надійності обладнання.

При розробці конструкцій теплогенераторів теплопередача поверхонь нагріву визначається з урахуванням термічного опору забруднення, оцінка якого здійснюється за допомогою коефіцієнта забруднення ϵ і коефіцієнта теплової ефективності ψ – відношення коефіцієнтів теплопередачі забруднених і чистих поверхонь. У роботі [1] наведено рекомендовані нормативні значення коефіцієнтів ψ_n конвективних поверхонь. Вони узагальнені за результатами стендових і промислових випробувань ко-

тельних агрегатів при номінальному навантаженні залежно від середньої температури газів, які омивають поверхні, забруднювальних властивостей палива та наявності очищення (рис. 1, криві 1, 2). Властивість палива встановлюють за структурою первинного шару забруднення поверхонь, що утворюється при спалюванні, з поділом різних видів палива на помірно забруднювальні й сильно забруднювальні. Вважається, що коефіцієнти ψ_n змінюються при понижених навантаженнях теплогенераторів.

Разом з тим, у роботах [2-4] на досвіді експлуатації промислових котельних агрегатів показано відмінність отриманих експериментальних коефіцієнтів ψ_e від нормативних ψ_n , що важливо враховувати при прийнятті технічних рішень щодо конструкції котлів. Відхилення в значеннях цих коефіцієнтів теплової ефективності становить для температури газів 600...700 °С 0,25...0,3, а для високої температури – до 850 °С – 0,45...0,5. Також встановлено вплив навантаження котла, а відповідно, температури газів v_g , °С, і швидкості газів ω , м/с, на величину коефіцієнта теплової ефективності ψ_e конвективних поверхонь. За теплового навантаження котла 50...80 % ($v_g \leq 820$ °С, $\omega \leq 11,5$ м/с) переважний вплив має швидкість газів, а в меншій мірі процес забруднення. У діапазоні навантаження 80...100 % ($v_g > 820$ °С, $\omega > 11,5$ м/с) значний вплив має інтенсивність росту золошлакових відкладень.

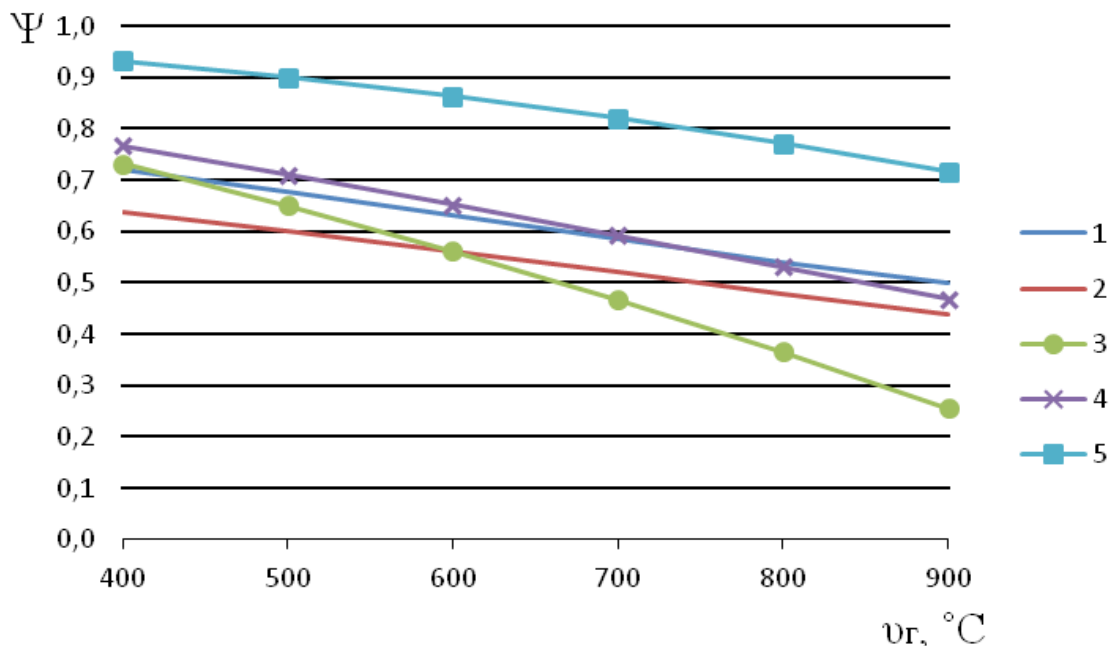


Рис. 1. Залежності теплової ефективності конвективних поверхонь при спалюванні твердого палива:

1 – помірно забруднювального і сильно забруднювального з очищенням [1]; 2 – сильно забруднювального без очищення [1]; 3 – котел ПК-67; 4 – котел БКЗ-220; 5 – котел ПК-57

У роботах [5, 6] показано, що за низької швидкості газів (менше ніж $\omega = 2...3$ м/с), які омивають поверхні нагріву, може мати місце підвищене забруднення поверхонь нагріву і зниження теплосприйняття незалежно від приведеної зольності палива (рис. 2).

Критичне зниження швидкості газів можливе на зниженому тепловому навантаженні котла за недостатньої встановленої величини номінальної швидкості газів при розрахунках і прийнятті конструктивних рішень. На визначальний вибір і створення тої чи іншої конструкції топкового пристрою, котла та його елементів впливають фізико-хімічні явища, які відбуваються в теплогенераторах як із зовнішнього, так і з внутрішнього боку теплообмінних поверхонь. Стан цих поверхонь з боку омивання їх газами залежить від протікання процесів горіння, зносу, корозії і окалиноутворення, а також їхнього шлакування. Усі відкладення, які утворюються на зовнішніх поверхнях нагріву, при спалюванні твердого палива поділяють на пухкі, сипучі та щільні. Кожна з груп відкладень пов'язана зі складом палива і процесом спалювання в топці. При спалюванні твердого палива процес забруднення відбувається у вигляді осадження частинок золи на поверхнях нагріву чи обмурування. Найбільш інтенсивно ці процеси відбуваються за наявності в топковій камері напіввідновлювального середовища, яке знижує температуру плавлення золи порівняно з температурою для окислювального середовища.

Підвищення теплової ефективності й надійності роботи енергетичних котлів забезпечується різними способами очищення поверх-

онь нагріву [2, 7, 8], серед яких:

- водяне і парове обдування;
- дробочистення;
- віброочистення.

Зокрема, за комплексного очищення (водяне обдування топкових екранів; парове обдування ширм і конвективного паропідігрівача; дробочистення економайзера й повітропідігрівача) забезпечується відновлення коефіцієнта теплової ефективності ψ майже до початкових значень незалежно від вихідного рівня шлакувальних властивостей спалюваного палива. Система діагностики шлакування і автоматичне керування апаратами обдування дозволяє підвищити майже на 1% коефіцієнт корисної дії котла.

Пряме застосування таких технічних заходів щодо зниження впливу шлакування і забруднення поверхонь нагріву котлів великої потужності не раціональне для малопотужних теплогенераторів.

Метою роботи є розробка пропозицій по компонуванню конвективних поверхонь нагріву в конструкції твердопаливних теплогенераторів невеликої теплопродуктивності, за якої забезпечується високий рівень їх теплової ефективності і надійність роботи при раціональній частоті роботи механічних засобів чищення.

Основна частина. У роботі розглядається зміна теплосприйняття поверхонь нагріву твердопаливних теплогенераторів невеликої потужності до 4 МВт. Здебільшого, у таких котлах компонувальне розташування конвективного пакета поверхонь нагріву передбачається горизонтальним. Розповсюджені конструктивні схеми котлів (рис. 3) передбачають:

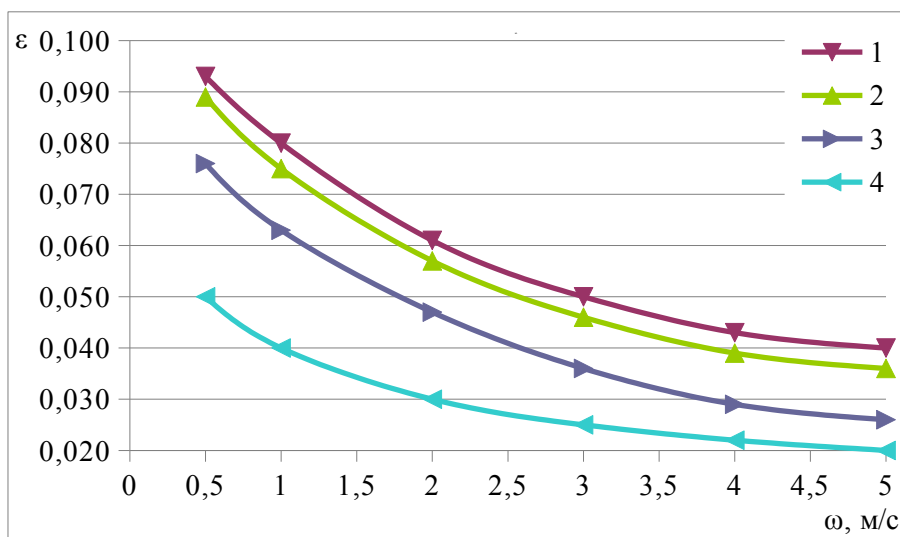


Рис. 2. Залежність коефіцієнта забруднення від швидкості газового потоку і виду спалюваного палива [6]:
1 – буре і кам'яне вугілля; 2 – деревина і торф'яні брикети; 3 – антрацит, напівантрацит, кам'яне вугілля ($V^{daf} < 20\%$);
4 – паливо пічне побутове

- одноходовий конвективний пакет (рис. 3 а,б) з рухом палива й надшарових газів у камері згоряння:
 - паралельним (рис. 3 а);
 - зустрічним (рис. 3 б);
- двоходовий конвективний пакет з рухом (рис. 3 в,г):
 - паралельним (рис. 3 в);
 - зустрічним (рис. 3 г).

Інтенсифікація конвективного теплообміну здійснюється здебільшого вставними турбулізаторами різної конструкції. Чищення відкладень на зовнішніх поверхнях нагріву, що утворюються при омиванні їх димовими газами, виконується як правило вручну при вимушеній зупинці роботи теплогенератора.

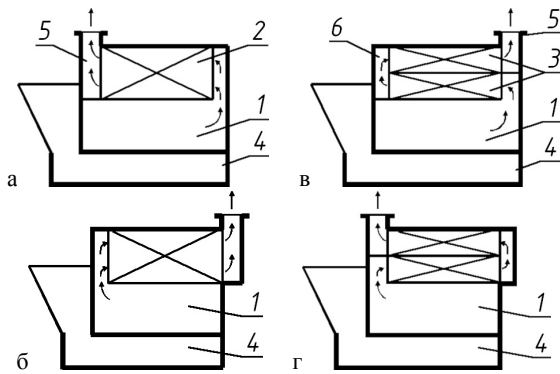


Рис. 3. Схеми конструктивного компонування твердопаливного теплогенератора з конвективним пакетом / рухом палива й надшарових газів у камері згоряння:

- а – одноходовим / паралельним;
- б – одноходовим / зустрічним;
- в – двоходовим / паралельним;
- г – двоходовим / зустрічним;

1 – камера згоряння; 2 – одноходовий конвективний пакет; 3 – те ж двоходовий; 4 – топковий пристрій; 5 – вихід газів; 6 – поворотна камера

Протягом деякого часу від початку процесу спалювання відкладення мають пухку структуру. Це означає слабкість сил зчеплення частинок, що осіли з потоку, між собою та поверхнями нагріву. Отже, ці частинки легко видаляються. При великій періодичності між чищенням посилюється на них негативні дія:

- високої температури газів;
- напіввідновлювального середовища;
- змінного температурного режиму роботи поверхонь нагріву.

У результаті нестійкі відкладення можуть перетворюватися на щільні. Такі відкладення характеризуються великими силами зчеплення між собою і з матеріалом поверхонь нагріву. Це значно ускладнює чищення. Тому регулярне і своєчасне видалення ще пухких відкладень є одним з дієвих засобів забезпечення ефекти-

вної експлуатації теплогенераторів.

Можливість формування щільних забруднювальних утворень у горизонтальних теплообмінних трубах конвективного пакету зростає навіть при підвищеній швидкості газового потоку і осіданні забруднень в нижній зоні поверхонь (труб) через неможливість винесення з них частини сипучих відкладень. А за вимушеної зміни температурного режиму стінок при регулюванні навантаження чи пусках і зупинках теплогенератора процеси ущільнення відкладень відбуваються значно інтенсивніше.

Описані явища утворення забруднення поверхонь виявлено при експлуатаційних випробуваннях твердопаливного механізованого котла КСВм-0,63 конструкції ДНДІСТ [9] при спалюванні рядового кам'яного вугілля (золинність на робочу масу $A' = 20 \dots 25 \%$) при змінному режимі роботи. Конвективний пакет розташований горизонтально, інтенсифікація теплообміну забезпечувалася кільцевою накаткою на димогарних трубах.

Під час експлуатації котла відмічено, що спочатку відбувається занесення легкою золою нижньої зони виїмок кільцевої накатки, ущільнення цих відкладень, а далі ці явища поширюються на нижню зону внутрішніх стінок труб. Чищення таких відкладень вручну з тижневою періодичністю не забезпечувало потрібного стану труб. При цьому нижня зона кільцевої накатки через щільне забруднення припиняла участь у процесі інтенсифікації теплообміну. Це призводило до зменшення номінальної потужності котла.

Чищення теплообмінних поверхонь вручну за допомогою ручних або механічних пристроїв вимагає тривалої зупинки роботи теплогенератора, а також забезпечення відповідних заходів охорони праці при виконанні безпосередньо чищення, демонтажу й монтажу вставних турбулізаторів тощо. Тому попри ускладнення конструкції теплогенератора, механізоване чищення конвективних поверхонь, які складають переважну частку в загальному обсязі поверхонь нагріву, є перспективним засобом підвищення ефективності роботи твердопаливних теплогенераторів невеликої продуктивності.

Пропонується в конструкції механізованих твердопаливних теплогенераторів невеликої потужності передбачити вертикальне компонування конвективного пакета з димогарними трубами, оснащеного механічним пристроєм для чищення (рис. 4).

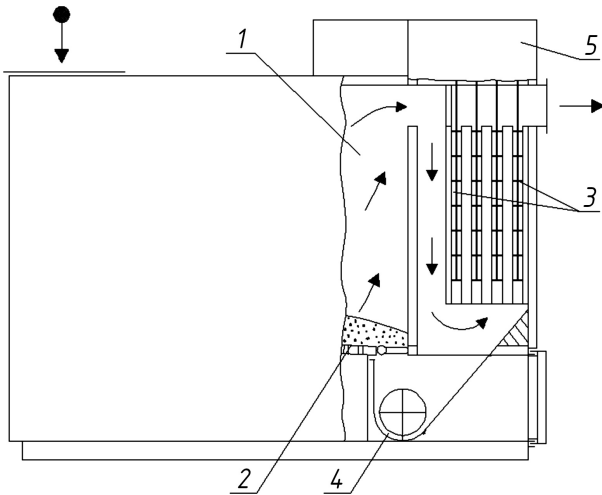


Рис. 4. Схема твердопаливного теплогенератора з механізованим очищенням трубчастого конвективного пакета: 1 – камера згоряння; 2 – топковий пристрій; 3 – димогарні труби з комбінованими турбулізаторами; 4 – зольник з пристроєм для видалення шлаку і золи; 5 – привід пристрою чищення труб від забруднення

Як робочий орган для чищення внутрішніх поверхонь теплообмінних труб, які омиваються димовими газами, від нестійких пухких відкладень пропонуються комбіновані турбулізатори 3. Вони одночасно забезпечують і чищення і турбулізацію газового потоку. При цьому посилюється інтенсифікація теплообмінних процесів. Чищення здійснюється при зворотно-поступальному переміщенні комбінованих турбулізаторів усередині труб. Частота роботи приводу задається системою автоматики залежно від інтенсивності накопичення забруднювачів.

Розрахунковий аналіз теплотехнічних показників механізованого твердопаливного ко-

тла потужністю 0,63 МВт з механічним очищенням вертикального трубчастого конвективного пакета при спалюванні кам'яного вугілля з зольністю на робочу масу $A^r = 25,8\%$ підтверджує ефективність наведеної конструктивної схеми (рис. 5).

Залежності побудовані з урахуванням зміни коефіцієнта теплової ефективності ψ від середньої температури газів у конвективному пакеті за умови роботи котла з однаковою якістю процесу спалювання за різних теплових навантажень та незмінній площі теплообмінних поверхонь при різних засобах турбулізації газового потоку в димогарних трубах. Зміну ступеня забруднення поверхонь залежно від швидкості руху газового потоку в димогарних трубах у розрахунках враховано за наведеними вище залежностями (рис. 2).

Аналіз даних на рис 5 показує, що забезпечення чистоти конвективної поверхні котла за раціональної частоти чищення димогарних труб дає можливість підвищувати середній експлуатаційний коефіцієнт корисної дії котла на 0,6...1,4% залежно від його фактичного теплового навантаження. Відповідно, заощаджуються паливні ресурси і зменшуються викиди продуктів згоряння до атмосфери.

Висновки. Запропонована конструктивна схема твердопаливного теплогенератора невеликої теплопродуктивності з механічним пристроєм для чищення внутрішніх поверхонь димогарних труб трубчастого конвективного пакету є перспективною в розвитку конструкцій такого класу котельного обладнання з підвищеними експлуатаційними показниками роботи.

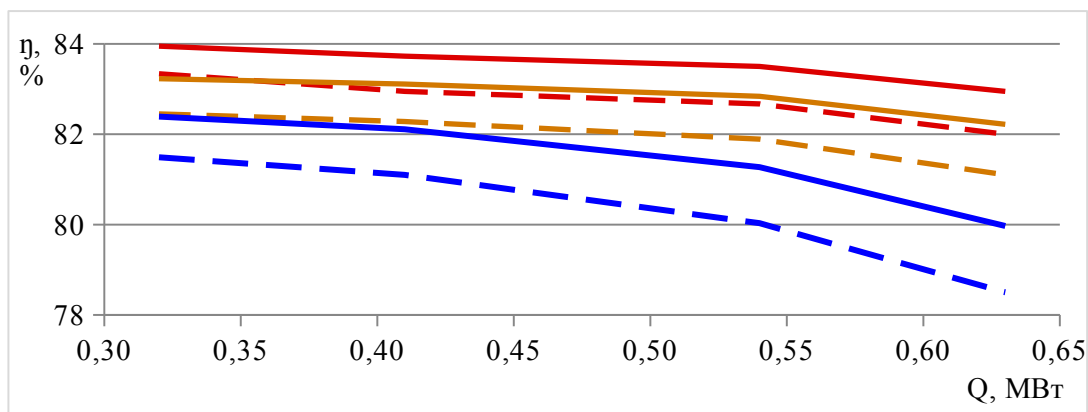


Рис. 5. Розрахункові криві зміни ККД η , %, твердопаливного теплогенератора від стану конвективних поверхонь при різній поточній тепловій потужності теплогенератора Q , МВт:

сині лінії – стрічкові завихрювачі;

жовтогарячі лінії – комбіновані турбулізатори з відношенням $d/D=0,90$ внутрішнього діаметра очисного кільця турбулізатора d , м, до внутрішнього діаметра димогарної труби D , м;

червоні лінії – те ж при $d/D=0,86$;

суцільні лінії – періодичне очищення впродовж експлуатації з частотою, за якої відсутні на стінках труб стійкі золошлакові утворення; пунктир – сезонне очищення димогарних труб

Література

1. Тепловой расчет котлов (нормативный метод). – Санкт-Петербург: ВТИ, НПО ЦКТИ, 1998. – 257 с.
2. Янов С.Р. Разработка рекомендаций и мероприятий по обеспечению тепловой эффективности поверхностей нагрева пылеугольных котлов: автореф. дис. ... канд. техн. наук.: 05.14.04, 05.14.14 / Янов С.Р.; ФГОУ ВПО «Симбирский федеральный университет». – Красноярск. – 2010. – 20 с.
3. Алехнович А.Н. Коэффициент тепловой эффективности топочных экранов применительно к нормативному методу теплового расчета котлов / А.Н. Алехнович // Теплоэнергетика. – 2007. – № 9. – с. 23-27.
4. Сенчук М.П. Експлуатаційна ефективність роботи твердопаливних теплогенераторів невеликої теплопродуктивності / М.П. Сенчук, А.І. Корогод // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання : наук.-техн. зб. / Київський національний університет будівництва і архітектури. – 2018. – Вип. 26. – с. 13-22.
5. Роддатис К.Ф. Котельные установки: учеб. пособие / К.Ф. Роддатис. – Москва: «Энергия», 1977. – 432 с.
6. Братенков В.Н. Теплоснабжение малых населенных пунктов / В.Н.Братенков, П.А.Хаванов, Л.Я. Вэскер. – Москва : Стройиздат, 1988. – 223 с.
7. Жуков К.Ю. Совершенствование метода очистки топочных экранов котельных агрегатов / К. Ю. Жуков, К.Н. Поцепня, А.А. Левченко // Вестник науки и образования ФГОУ ВПО «Сибирский федеральный университет». – 2019. – № 9(63), часть I. – с. 25-30.
8. Климов А. С. Метод оценки тепловой эффективности отопительного котла с водяной обдувкой топочных экранов / А. С. Климов, Р. Т. Емельянов, А. Ф. Александрова, В. А. Таранов // Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение. – Сибирский федеральный университет. – 2019. – № 21. – с. 169-176.
9. Макаров А.С. Сучасне енергозберігаюче обладнання для опалювальних котелень / А.С. Макаров, М.П. Сенчук // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. – 2000. – Вип. 15. – с. 121-124.
10. Мадоян А.А. / А.А. Мадоян, В.Н. Балтян, А.Н. Гречаный. – Москва: Энергоатомиздат. – 1991. – 200 с.
11. Основы практической теории горения: учебное пособие для вузов / В.В. Померанцев, К.М. Арефьев, Д.Б. Ахмедов и др.; под ред. В.В. Померанцева. – Ленинград: Энергоатомиздат. – 1986. – 312 с.
12. Хзмалян Д.М. Теория топочных процессов: учебное пособие для вузов / Д.М. Хзмалян. – Москва: Энергоатомиздат. – 1990. – 332 с.

References

1. *Teplovoi raschet kotlov (normativnyi metod)*. VTI. NPO TsKTI. 1998.
2. Yanov S. *Razrabotka rekomendatsii i meropriyatiy po obespecheniiu teplovoi effektivnosti poverkhnostei nagreva pyleugolnykh kotlov*. Diss. abstract. FGOU VPO «Simbrskiy federalnyy universitet», 2010.
3. Alekhnovich A. N. “Koeffitsiyent teplovoi effektivnosti topochnykh ekranov primenitelno k normativnomu методу теплового расчета котлов.” *Teploenergetika*. 2007. № 9. P. 23-27.
4. Senchuk M., Korogod A. “Ekspluatatsiina efektyvnist roboty tverdopalyvnykh teploheneratoriv nevelykoi teploproduktivnosti.” *Ventilyatsiia, osviltennia ta teplohazopostachannia: Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk*, Iss. 26, Kyiv National University of Construction and Architecture, 2018, pp. 13-22.
5. Roddatis K. *Kotelnye ustanovki: ucheb. Posobie*. Energiia, 1977.
6. Bratenkov V., Khavanov P., Vasker L. *Teplosnabzhenie malykh naseleennykh punktov*. Stroiiizdat, 1988.
7. Zhukov K., Potsepnia K., Levchenko A. “Sovershenstvovaniye metoda ochistki topochnykh ekranov kotelnykh agregatov.” *Vestnik nauki i obrazovaniya FGOU VPO «Sibirskii federalnyi universitet»*, 2019. № 9(63), ch I. P. 25-30.
8. Klimov A., Emelianov R., Alexandrova A., Taranov V. “Metod otsenki teplovoi effektivnosti otopitel'nogo kotla s vodyanoy obduvkoy topochnykh ekranov.” *Teplosnabzhenie. ventilyatsiia. konditsionirovanie vozdukha. gazosnabzhenie i osveshchenie. Sibirskii federalnyi universitet*. 2019. № 21. P. 169–176.
9. Makarov A. S., Senchuk M.P. “Suchasne enerhozberihaiuche obladnannia dlia opaliuvalnykh kotelen.” *Budivelni materialy, vyroby ta sanitarna tekhnika*. 2000. no. 15. P. 121-124.
10. Madoyan A., Baltyan V., Grchanyi A. *Effektivnoe szhiganie nizkosortnykh uglei v energeticheskikh kotlakh*. Energoatomizdat, 1991.
11. Pomerantsev V., Arefiev K., Akhmedov D. et al. *Osnovy prakticheskoi teorii goreniia*. Energoatomizdat, 1986.
12. Khzmalyan D. *Teoriia topochnykh protsessov*. Energoatomizdat, 1990.

УДК 697.432.7

Снижение влияния загрязнения поверхностей нагрева твердотопливных теплогенераторов небольшой мощности

М. П. Сенчук¹, А. М. Рыбка², О. И. Юрко³

¹к.т.н., доц., Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев, Украина, smp_21@ukr.net
ORCID: 0000-0001-8968-7336

²студент, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев, Украина, andrii.rybka95@gmail.com

³студентка, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев, Украина, yurko.olena@gmail.com

Аннотация. В статье проанализированы исследования обеспечения тепловой эффективности конвективных поверхностей нагрева твердотопливных котлов путём их периодической чистки. Рассмотрены различные факторы, влияющие на степень загрязнения теплообменных поверхностей, омываемых газами продуктов сгорания. Рассмотрены возможности снижения негативного влияния этих загрязнений. Показано, что в теплогенераторах небольшой теплопродуктивности, в конвективном пакете которых происходит в основном одно- или двухходовое горизонтальное движение дымовых газов, возможно усиленное обрастание загрязнителями поверхностей, особенно при изменении интенсивности процесса сжигания. Отмечено, что при малой частоте чистки начальные рыхлые неустойчивые отложения, которые легко поддаются очистке, могут превращаться в плотные спёкшиеся образования. При наличии последних трудно достичь необходимой чистоты поверхности и, соответственно, приемлемого коэффициента тепловой эффективности. Обоснована неэффективность и трудоёмкость ручной чистки и целесообразность применения механизированной чистки конвективных поверхностей отопительных твердотопливных котлов небольшой тепловой мощности. Описана конструктивная схема твердотопливного теплогенератора с механизированной чисткой вертикального трубчатого конвективного пакета комбинированными турбулизаторами специальной конструкции. Проведён расчётный сравнительный анализ экономичности работы твердотопливного котла теплопроизводительностью 0,63 МВт при условии увеличения частоты чистки конвективных поверхностей механическими устройствами, обеспечивающими достижение равномерности имеющейся тепловой нагрузки в течение длительной эксплуатации. Внедрение такого класса котельного оборудования является перспективным в коммунальной энергетике для уменьшения трудоёмкости обслуживания и экономии топливных ресурсов.

Ключевые слова: твердотопливный теплогенератор, трубчатые конвективные поверхности, дымогарные трубы, коэффициент тепловой эффективности, загрязнение поверхностей нагрева, ручная и механизированная очистка теплообменных поверхностей, комбинированные турбулизаторы.

UDC 697.432.7

Reducing the Impact of Pollution on Heating Surfaces in Low-Power Solid Fuel Heat Generators

M. Senchuk¹, A. Rybka², O. Yurko³

¹ PhD, associate professor., Kiev National University of Construction and Architecture, Kiev, Ukraine, smp_21@ukr.net
ORCID: 0000-0001-8968-7336

² student, Kiev National University of Construction and Architecture, Kiev, Ukraine, andrii.rybka95@gmail.com

³ student, Kiev National University of Construction and Architecture, Kiev, Ukraine, yurko.olena@gmail.com

Abstract. The research of providing thermal efficiency of convective surfaces in heating solid fuel boilers by periodically cleaning them has been performed in the article. Various factors that influence the degree of contamination of heat exchange surfaces, which are flushed by the combustion products, are analysed. Possibilities of decreasing their negative impact are shown. The construction of heat generators with low heat production, which convective packs mainly provide one- or two-way horizontal motion of flue gases, have the problem of increase the contamination of surfaces, especially when the intensity of the combustion process is changing. Low frequency of cleaning led to the trouble following trouble. Initial loose contaminants, which are easily cleanable, transform into dense formations. Therefore, it is difficult to achieve the required surface cleanliness and, accordingly, an acceptable coefficient of thermal efficiency. The inefficiency and complexity of manual cleaning and the feasibility of using mechanized cleaning of convective surfaces of heating solid fuel boilers of low thermal efficiency have been substantiated. The constructive scheme of solid fuel heat generator with mechanical cleaning of a vertical tubular convective package by combined turbulizers of special design are described. A comparative analysis of the economical efficiency of the solid fuel boiler with a heat output of 0.63 MW are carried out. The operating efficiency will increase by 0,6...1,4 % dependent on the actual heat load. Accordingly, the fuel amount and the air pollution by flue gases will decrease. The frequency of cleaning of convective surfaces with mechanized devices is increased, which ensures the uniformity of the existing heat load during long operation. The introduction of this class of boiler equipment is promising in the municipal energy sector to reduce the complexity of servicing and saving fuel resources.

Keywords: solid fuel heat generator, tubular convective surfaces, coefficient of thermal efficiency, chimneys, contamination of heating surfaces, manual and mechanized cleaning of heat exchange surfaces, combined turbulizers.

Надійшла до редакції / Received 15.04.2020