

РОЗДІЛ «ТЕПЛОТЕХНІКА. ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА»

УДК 669.183.213.2

ГЛУЩЕНКО О.Л., к.т.н., доцент

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СПІЛЬНОЇ РОБОТИ
ГАЗОВИХ ТА ПОВІТРЯНИХ РЕГЕНЕРАТОРІВ НАГРІВАЛЬНИХ КОЛОДЯЗІВ
ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЇХ УТИЛІЗАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК (ЧАСТИНА 2)

Вступ. В сучасних умовах ефективними напрямками підвищення продуктивності та економічності функціонування нагрівальних колодязів є вдосконалення режимів нагрівання та розробка устаткування для утилізації відхідних продуктів згоряння. Використання методів математичного моделювання, що дозволяють знайти найбільш раціональні рішення у технології вдосконалення утилізаційних установок та економії палива, є актуальними завданнями сьогодення.

Постановка задачі. З метою ви значення ефективності роботи регенеративних теплообмінників і пошуку оптимальних конструктивних рішень виконано теплові розрахунки за допомогою розробленої програми розрахунку, представленої в [1], за наступними вихідними даними ПАТ «Дніпровський меткомбінат».

1. Паливо – природно-доменна суміш; витрата природного газу $v_{н.г.} = 120 \text{ м}^3/\text{год.}$, витрата доменного газу $v_{д.г.} = 4000 \text{ м}^3/\text{год.}$
2. Температура газу й повітря на вході в регенератор прийнята рівною 60°C .
3. Температура диму на вході в регенератор прийнята рівною $t'_d = 1300^\circ\text{C}$.
4. Розміри вогнетривкої цегли, яка застосовується для насадок регенераторів, $230 \times 114 \times 65 \text{ мм}$.
5. Ширина газового й повітряного регенераторів – 2,552 м.
6. Висота регенераторів – 4,176 м.
7. Тривалість циклу роботи – 20 хвилин ($\tau_n = 10 \text{ хв.}$, $\tau_d = 10 \text{ хв.}$).

Розрахунки виконано для різних розмірів осередків насадок газового й повітряного регенераторів і при різному положенні роздільної стінки. Широка зміна зазначених параметрів дозволяє визначити раціональний розподіл димових газів й одержати дані для проектування оптимальної конструкції регенеративних теплообмінників.

Результати роботи. На рис.1 зображено дві графічні залежності кількості тепла, внесеного в робочий простір нагрівального колодязя з підігрітим паливом і повітрям від положення роздільної стінки: 1 – для випадку, коли розмір чарунок газового й повітряного регенератора дорівнює $115 \times 115 \text{ мм}$; 2 – для випадку, коли газовий регенератор має розмір чарунок $80 \times 80 \text{ мм}$, а повітряний – $50 \times 50 \text{ мм}$.

З метою поширення результатів розрахунку для інших розмірів регенеративних камер за положення роздільної стінки прийнята відносна довжина повітряного регенератора, тобто відношення довжини повітряного регенератора C_1 до сумарної довжини газового й повітряного регенераторів ($C_1 + D_1$). Із графіка (рис.1) видно, що існують чіткі оптимуми в положенні роздільної стінки, при яких досягається максимальна ступінь утилізації тепла.

Так, для першого випадку оптимальною є відносна довжина повітряного регенератора 0,385-0,4, а для другого варіанта – 0,5. Відхилення в положенні роздільної стінки в межах: 1 – $0,3 \times 0,43$; 2 – $0,4 \times 0,53$ не призводить до значного погіршення теплової роботи регенеративних теплообмінників, однак при більш істотному відхиленні від оп-

тимому спостерігається значне зниження кількості тепла, що надходить у робочий простір колодязя. Зменшення розмірів чарунок регенераторів звужує діапазон можливих відхилень роздільної стінки від оптимального положення й призводить до більш різкого падіння коефіцієнта регенерації теплоти димових газів [2].

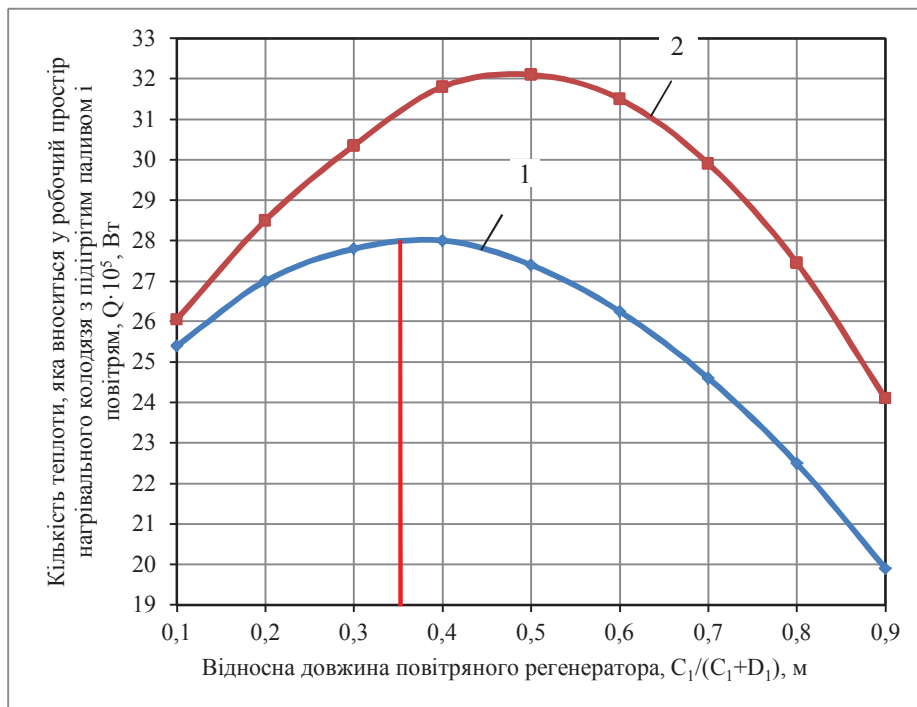


Рисунок 1 – Залежність кількості тепла, внесеного в робочий простір з підігрітими паливом і повітрям, від положення роздільної стінки

На рис.2-5 наведено залежності, які характеризують теплову роботу регенераторів.

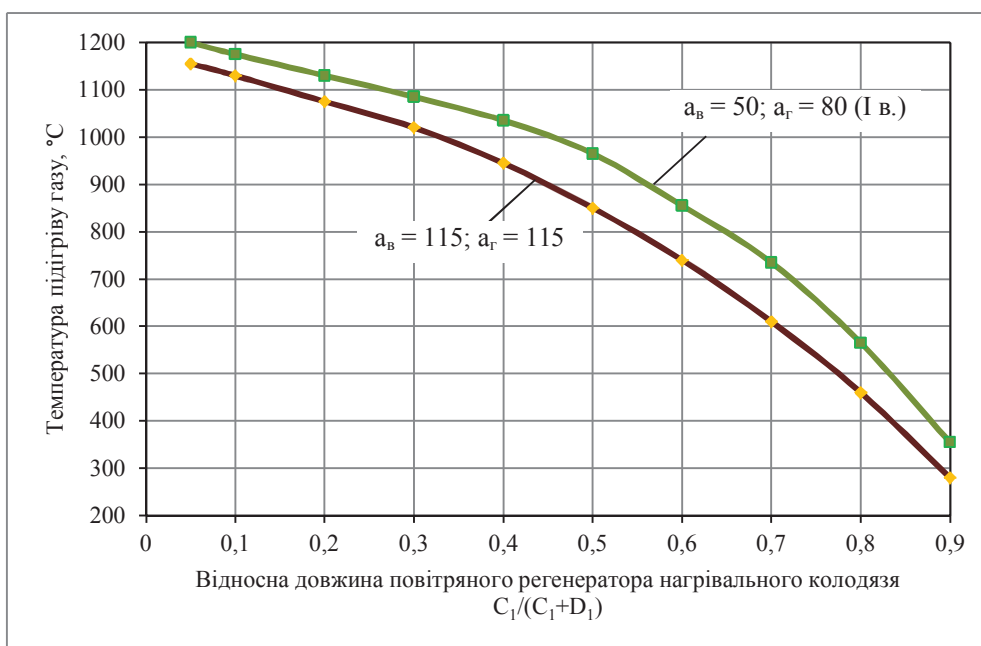


Рисунок 2 – Залежність температури підігріву газу від положення роздільної стінки

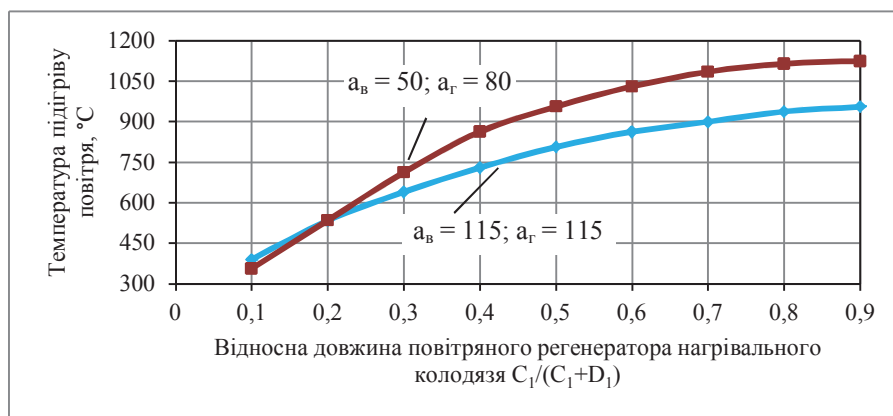


Рисунок 3 – Залежність температури підігріву повітря від положення роздільної стінки

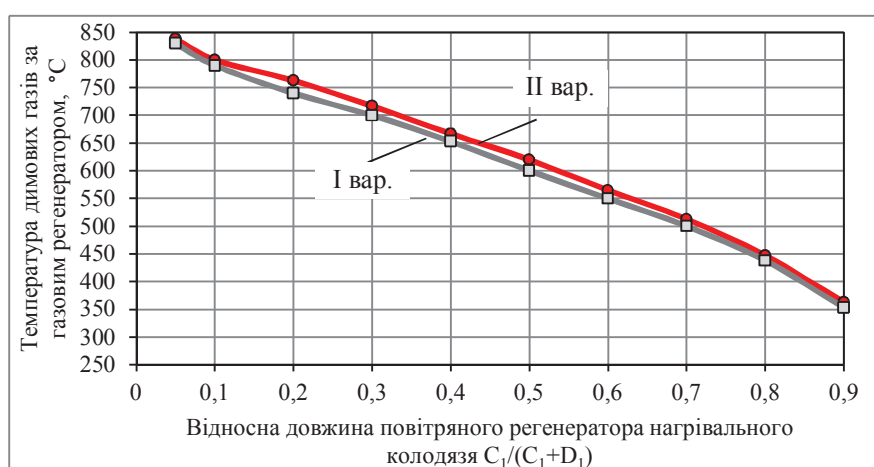


Рисунок 4 – Залежність температури димових газів за газовим регенератором від положення роздільної стінки

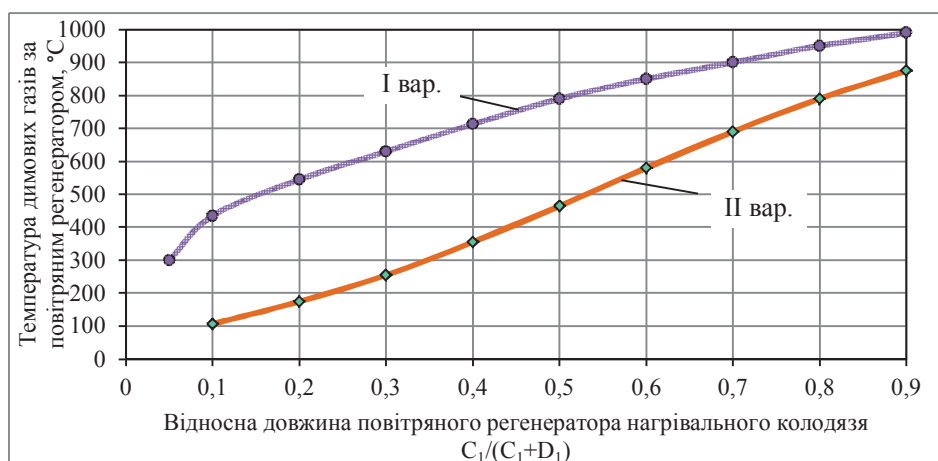


Рисунок 5 – Залежність температури димових газів за повітряним регенератором від положення роздільної стінки

Розглянемо вплив положення роздільної стінки на ефективність роботи регенераторів при зменшенні розміру газової насадки до 80×80 мм (повітряні насадки дорівнюють 50×50 мм).

Основні показники, що характеризують роботу регенераторів, наведено в табл.1.

Таблиця 1 – Показники, що характеризують теплову роботу регенераторів

Тип регенератора	Температура підігріву повітря, °С	Температура підігріву газу, °С	Температура димових газів за повітряним регенератором, °С	Температура димових газів за газовим регенератором, °С	Кількість тепла, що вноситься в робочий простір нагрівального колодязя за цикл роботи, кДж/цикл
Розмір чарунок повітряного регенератора 115 мм, газового – 115 мм (при оптимальному положенні роздільної стінки $C_1/(C_1+D_1) = 0,385$)	809	853	791	605	2741,23
Розмір чарунки повітряного регенератора 50 мм, газового – 80 мм (при оптимальному положенні роздільної стінки $C_1/(C_1+D_1) = 0,385$)	865	1034	357	672	2795,149

Зменшення розмірів чарунок газового регенератора природно призводить до збільшення його поверхні нагрівання, однак зростає й опір на шляху руху димових газів, що призводить до перерозподілу димових потоків між газовим і повітряним регенераторами. Зменшення кількості димових газів, що проходять через газовий регенератор, знижує температуру підігріву газу навіть при збільшенні поверхні нагрівання, але одночасно зростає температура підігріву повітря за рахунок збільшення кількості диму, що проходить через повітряний регенератор. Значне збільшення температури димових газів за повітряним регенератором свідчить про погане використання поверхні нагрівання, хоча, загалом, сумарна кількість тепла, внесена в робочий простір нагрівального колодязя, збільшується також, як і коефіцієнт регенерації тепла. З метою більш ефективного використання поверхонь теплообміну необхідно роздільну стінку зміщати у напрямку повітряного регенератора для забезпечення оптимального перерозподілу димових газів та підвищення ступеня утилізації теплоти. Як видно з рис.1, найбільш повна утилізація теплоти спостерігається при відносній довжині повітряного регенератора (0,385-0,4) і 0,5.

Аналізуючи дані, представлені на рис.2-5, можна зробити висновки, що при постійних розмірах чарунок насадок регенераторів переміщення роздільної стінки у напрямку газового регенератора призводить до збільшення температури підігріву повітря та диму за повітряним регенератором, а також до зниження температури підігріву газу та диму за газовим регенератором.

Димові газы, що надходять із робочого простору нагрівального колодязя в наднасадний простір, розподіляються нерівномірно в газовий і повітряний регенератори. Розподіл димових газів відбувається у відповідності до значень площі живого перетину регенератора. Для різних розмірів повітряного та газового регенераторів визначено живі перетини та відповідно розподіл димових газів по регенераторах. Результати цих розрахунків представлено у табл.2 та 3 відповідно.

Таблиця 2 – Значення живих перетинів регенераторів та розподіл димових газів для регенераторів з розміром чарунок газового і повітряного регенераторів 115×115 мм

Розміри регенераторів	Площа живого перетину газового регенератора $F_{ж}^g, м^2$	Площа живого перетину повітряного регенератора $F_{ж}^n, м^2$	Димові гази, що надходять у газовий регенератор $V_{\partial}^g, м^3/год.$	Димові гази, що надходять у повітряний регенератор $V_{\partial}^n, м^3/год.$
1	2	3	4	5
1. Газовий 0,3×2,552 м Повітряний 2,844×2,552 м	0,296	2,802	822	7778
2. Газовий 0,6×2,552 м Повітряний 2,544×2,552 м	0,591	2,5060	1641	6959
3. Газовий 0,9×2,552 м Повітряний 2,244×2,552 м	0,887	2,211	2462	6138
4. Газовий 1,2×2,552 м Повітряний 1,944×2,552 м	1,182	1,915	3282	5318
5. Газовий 1,5×2,552 м Повітряний 1,644×2,552 м	1,478	1,619	4104	4496
6. Газовий 1,8×2,552 м Повітряний 1,344×2,552 м	1,773	1,324	4923	3677
7. Газовий 2,1×2,552 м Повітряний 1,044×2,552 м	2,069	1,028	5745	2855
8. Газовий 2,4×2,552 м Повітряний 0,744×2,552 м	2,364	0,733	6565	2035
9. Газовий 2,7×2,552 м Повітряний 0,444×2,552 м	2,660	0,437	7387	1213

З літературних джерел [3] відомо, що при експлуатації регенераторів продукти згоряння розподіляються нерівномірно, що призводить до недовикористання поверхні теплообміну та зниженню ефективності їхньої роботи. Існує ряд конструктивних заходів,

Таблиця 3 – Значення живих перетинів регенераторів і розподіл димових газів для регенераторів з розміром чарунок 80×80 мм для газового регенератора та 50×50 мм для повітряного регенератора

Розміри регенераторів	Площа живого перетину газового регенератора $F_{ж}^g, м^2$	Площа живого перетину повітряного регенератора $F_{ж}^n, м^2$	Димові гази, що надходять у газовий регенератор $V_{\partial}^g, м^3/год.$	Димові гази, що надходять у повітряний регенератор $V_{\partial}^n, м^3/год.$
1	2	3	4	5
1. Газовий 0,3×2,552 м Повітряний 2,844×2,552 м	0,224	1,531	1098	502
2. Газовий 0,6×2,552 м Повітряний 2,544×2,552 м	0,447	1,370	2116	6484
3. Газовий 0,9×2,552 м Повітряний 2,244×2,552 м	0,671	1,208	3071	5529
4. Газовий 1,2×2,552 м Повітряний 1,944×2,552 м	0,894	1,047	3961	4639
5. Газовий 1,5×2,552 м Повітряний 1,644×2,552 м	1,118	0,885	4800	3800
6. Газовий 1,8×2,552 м Повітряний 1,344×2,552 м	1,341	0,724	5585	3015
7. Газовий 2,1×2,552 м Повітряний 1,044×2,552 м	1,565	0,562	6328	2272
8. Газовий 2,4×2,552 м Повітряний 0,744×2,552 м	1,789	0,401	7025	1575
9. Газовий 2,7×2,552 м Повітряний 0,444×2,552 м	2,012	0,239	7687	913

спрямованих на підвищення рівномірності розподілу продуктів згоряння у регенеративних насадках, зокрема, верхні ряди насадок виконуються східчасто, регенератор викладають у вигляді двох камер з різними розмірами чарунок насадок. У роботі запропонова-

но спосіб збільшення рівномірності розподілу продуктів згоряння шляхом використання змінного перетину насадок по довжині, що забезпечує підвищення ефективності використання поверхні нагрівання, збільшення температур підігріву повітря й палива.

Висновки. 1. На підставі теоретичних досліджень встановлено, що при одночасній роботі регенеративних теплообмінників, працюючих з підігрівом палива та повітря, існує оптимальне положення роздільної стінки, при якому досягається максимальна утилізація тепла відхідних продуктів згоряння.

2. На підставі випробувань встановлено, що швидкість руху димових газів у насадці повинна становити 1,0-1,2 м/с для досягнення оптимального режиму роботи нагрівального колодязя.

3. Запропонована конструкція насадок регенераторів забезпечує рівномірний розподіл продуктів згоряння по перетину та підвищує ефективність використання поверхні нагріву.

ЛІТЕРАТУРА

1. Глущенко О.Л. Розробка математичної моделі спільної роботи газових та повітряних регенераторів нагрівальних колодязів для оптимізації їх утилізаційних характеристик / Глущенко О.Л. // Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету (технічні науки). – Дніпродзержинськ: ДДТУ. – 2015. – Випуск 2 (27). – С.157-162.
2. Решетняк И.С. Проектирование регенеративных теплообменников для установок, работающих на низкокалорийном топливе / Решетняк И.С., Словиковский П.А., Хандрига Г.С. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 1980. – Вып. 3. – С.35-38.
3. Совершенствование системы отопления и повышение тепловой эффективности металлургических печей: тематический отраслевой сборник / отв. ред. Тымчак В.М. и др. – М.: Металлургия, 1984. – 72с.

Надійшла до редколегії 03.04.2017.

УДК 658.26

КЛІМОВ Р.О., к.т.н., доцент

Дніпродзержинський державний технічний університет, м. Кам'янське

ВПЛИВ СТРУКТУРНИХ ТА ФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ В ПРОЦЕСАХ ПРИГОТУВАННЯ РІДКИХ ПАЛИВ

Вступ. Процеси приготування стійких рідких водо-мазутних палив є одними з найбільш енергоємних процесів у промисловості, що пов'язано зі значною перевитратою теплоти і енергії, необхідних для дроблення дисперсної фази. Для створення дисперсних систем найбільшого поширення набув метод механічного дроблення. Основним напрямком зниження витрат енергії є використання принципу дискретно-імпульсного введення енергії [1]. Можливим є використання динамічних ефектів при закипанні крапель малих розмірів для дроблення більш великих крапель. Проведемо дослідження процесів руйнування границі розділу фаз (мазут-пара) і подальшого утворення стійкого до розшарування мазутного палива в суміші з водою при взаємодії двох закипаючих часток води, при різних початкових радіусах, відстанях між частками, температурах і різних значеннях міжфазного натягу.

Постановка задачі. Вивчити вплив різних чинників на процес дроблення дисперсної фази емульсії при її закипанні.