

7. Станіславчук О.В. Сушіння пастоподібних матеріалів у нерухомому шарі [Текст]: автореф. дис...канд. техн. наук: 05.17.08 / О.В. Станіславчук; [НУ Львівська політехніка]. – Львів, 2007. – 20с.
8. Римар Т.І. Сушіння глини у нерухомому шарі [Текст]: Автореф. дис...канд. техн. наук: 05.17.08. / Т.І. Римар; [НУ Львівська політехніка]. – Львів, 2008. – 19с.
9. Ханик Я.М. Сушіння біологічно-активних пастоподібних матеріалів. / Я.М. Ханик, О.В. Станіславчук, Л.З. Білецька, В.П. Дулеба [Текст] // Науковий вісник УДЛТУ: Збірник наукових праць. – Львів. -2002. Вип. 12.5. -С.126 – 129.
10. Станіславчук О.В. Термолабільні матеріали. Кінетика конвективного сушіння. / О.В. Станіславчук, Я.М. Ханик [Текст] // Хімічна промисловість України. -К.: -2005. -№2 (67). – С.36-38.
11. Римар Т.І. Масообмін під час сушіння капілярно-пористих колоїдних матеріалів у нерухомому шарі [Текст] / Т.І. Римар, Я.М. Ханик, І.О. Гузьова // ОНАХТ. Наукові праці. Вип. № 30. – Одеса: 2007. – С. 17 – 23.
12. Вища математика [Текст] : підручник для студ. вищ. навч. закладів: У 2 ч. /П.П. Овчинников, Ф.П. Яремчук, В.М. Михайленко; Пер. з рос. П.М. Юрченко. - 3-тє вид., виправ. - Київ : Техніка, 2003. - 600 с.
13. Атаманюк В.М. Гідродинаміка і тепломасообмін під час фільтраційного сушіння дисперсних матеріалів [Текст]: Автореф. дис...докт. техн. наук: 05.17.08. / В.М. Атаманюк; [НУ Львівська політехніка]. – Львів, 2007. – 36с.
14. Лыков А.В. Теория сушки [Текст] / А.В. Лыков. –М.: Энергия. 1968. -472с.

Розглядається процес спалювання твердого палива в котлах з низькотемпературним киплячим шаром. Дано результати розрахунків режимних характеристик киплячого шару. Представлено результати комп'ютерного моделювання аеродинаміки потоку та розподілу твердих часток в топці

Ключові слова: котли, киплячий шар, аеродинаміка, моделювання

Рассматривается процесс сжигания твердого топлива в котлах с низкотемпературным кипящим слоем. Даны результаты расчетов режимных характеристик кипящего слоя. Представлены результаты компьютерного моделирования аэродинамики потока и распределение твердых частиц в топке.

Ключевые слова: котлы, кипящий слой, аэродинамика, моделирование

The paper considers the process of burning solid fuel in boilers with a low boiling layer. The results of calculations of the basic regime characteristics of the fluid bed are given. The results of aerodynamic simulation and the distribution of solid particles in firebox are presented.

Keywords: boilers, fluidized bed, aerodynamics, modeling

УДК 696.42

ДОСЛІДЖЕННЯ КОТЕЛЬНОЇ УСТАНОВКИ КИПЛЯЧОГО ШАРУ НА БАЗІ НАТУРНИХ ТА КОМП'ЮТЕРНИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

Л.М. Бугаєва

кандидат технічних наук, доцент*

Контактний тел.: (067) 315-73-74

E-mail: bugaeva_l@ukr.net

Д.О. Серебрянський

Кандидат технічних наук, науковий співробітник

Інститут технічної теплофізики НАН України

вул. Желябова, 2 а, Київ, Україна, 03057

Контактний тел.: (044) 453-28-91

E-mail: fordima@ukr.net

А.А. Дейкун

Студент

*Кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів
Національний технічний університет України «Київський

політехнічний інститут»

пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

Контактний тел.: (044) 406-76-12

E-mail: artem@meta.ua

1. Вступ

Теплоенергетика комунальної власності України забезпечує тепловою енергією близько 55% житлового фонду та підприємств бюджетної сфери. Згідно з даними на 2009 р. в Україні нараховувалось 32312 одиниць котельного обладнання, з яких на газоподібному паливі працювало 67 %. Різке подорожчання природного газу призвело до зростання собівартості теплової та електричної енергії комунального господарства.

Україна має достатньо запасів твердого палива, перехід на яке надав би можливість зупинити зростання собівартості теплової енергії комунальної теплоенергетики та зменшити енергетичну залежність держави.

На реалізацію заходів з модернізації системи теплопостачання націлена постанова Кабінету Міністрів України від 20.05.2009р. № 682, де йдеться саме про переобладнання котлоагрегатів та їх реконструкцію з метою переведення на спалювання місцевих видів твердого палива.

Заміна газових котлів на багатопаливні котли надало б можливість зменшити використання природного газу в комунальній енергетиці. Але багатопаливні котли випускаються в обмеженій кількості і невеликої потужності. Крім того, їх вартість на 20 – 50% більше вартості котлів, що працюють на природному газі. Одним із практичних рішень проблеми може бути переведення котлів, що працюють на природному газі, на вугілля або альтернативне тверде паливо [1]. Модернізація котлів, які працюють на природному газі, із застосуванням виносної топki, дозволила б залучити в паливно-енергетичний комплекс різні види вугілля та альтернативне тверде паливо – різну біомасу, і при цьому зберегти можливість роботи котла на природному газі. При цьому виникає необхідність створення системи підготовки палива та подачі палива, топкового пристрою, відповідно до способу спалювання та системи золовидалення.

2. Постановка задачі

У представленій роботі розглядається технологія спалювання твердих палив у низькотемпературному киплячому шарі (НТКШ) [2], оскільки вона характеризується високоефективними топковими процесами, які дозволяють спалювати низькосортні вугілля, торф, відходи збагачення вугілля і навіть недопалену шлак низькоефективних шарових котлів, величезна кількість якого накопичується роками і вимагає утилізації.

Авторами проведені дослідження роботи котлів з НТКШ на базі комп'ютерних та натурних експериментів на діючій експериментальній установці потужністю 18 кВт, що створена у відділі теплофізичних процесів в котлах Інституту технічної теплофізики НАН України (рис.1).

В рамках дослідження були поставлені такі задачі:

- На базі наявної експериментальної установки виконати розрахунок топki котла НТКШ.
- Побудувати модель та дослідити аеродинаміку процесів в топці котла та оцінити ефективність першого ступеня очищення.
- Провести експериментальні дослідження аеродинаміки котельної установки ІТТФ НАНУ

3. Моделювання та проведені розрахунки

Розглянемо як працює експериментальна установка ІТТФ НАНУ.

Повітря необхідне для горіння твердого палива подається продувним відцентровим вентилятором 1 в газохід і перед топкою котла 2 розподіляється в повітродозподільній коробці по трьом регістрам з пальниками (ковпачками). Паливо через шнековий механізм 5 порційно подається в топку НТКШ зверху повітродозподільної решітки. Продукти згорання киплячого псевдозрідженого шару потрапляють в теплообмінник 3, в якому віддають своє тепло воді і направляються в двоканальний відцентровий фільтр 4, в якому відбувається часткове звільнення димових газів від золи і частинок незгорілого палива. Далі димові газы по газоходам потрапляють в шестиканальний дворівневий відцентровий фільтр 6, в якому вони очищуються до санітарних норм. Після очищення димові газы по газоходам через димосос 7 потрапляють в димову трубу 8 і видаляються в атмосферу.

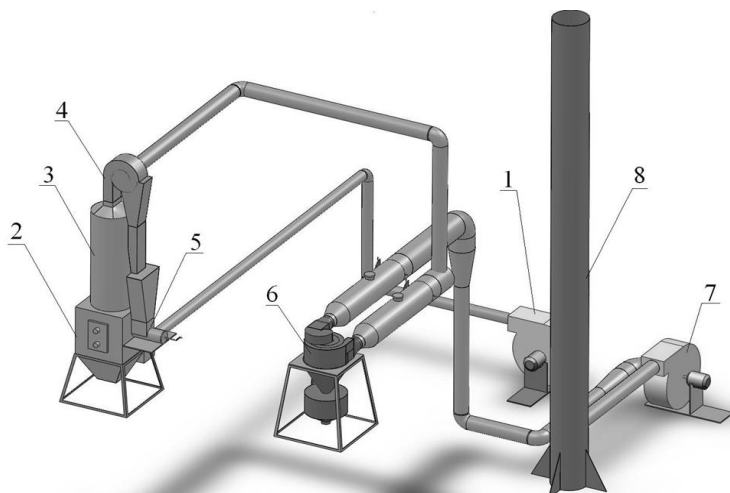


Рис. 1. Експериментальна установка НТКШ: 1 - продувний вентилятор ВВД №5, 2 - топка котла НТКШ, 3 — теплообмінник, 4 - двоканальний відцентровий фільтр, 5 - шнек паливоподачі, 6 - дворівневий шестиканальний відцентровий фільтр ЦФ2-6-06; 7 — димосос, 8 - димова труба.

Згідно із поставленими задачами дослідження був виконаний розрахунок топki котла НТКШ. В основу методики розрахунку, було покладено рівняння балансу тепла у киплячому шарі (КШ). Рівняння враховує надходження тепла, що виділяється при горінні палива в об'ємі КШ, та фізичне тепло, що вноситься до шару повітрям і паливом. Воно так само враховує витрати тепла:

- тепло що виноситься з продуктами згорання, надлишковим повітрям і золю;
- тепло, від поверхонь нагріву з НТКШ;
- тепло на прогрівання уносу, що повертається в НТКШ;
- Розрахунки проводились при наступних вихідних даних:
- Діаметр частинок проміжного теплоносія (фракція 0,5 – 5,5), еквівалентний діаметр $d = 2,5$ мм.
- Швидкість початку псевдозрідження – 1 м/с
- Матеріал часток: первинний – річковий пісок $\varnothing 0,1 - 1,0$ мм.
- Матеріал часток шару: вугільна зола фракції $d = 2,5$ мм.
- Висота насипного шару 100 – 150 мм.
- Густина шару $\rho = 1420$ кг/м³.
- Робоче число псевдозрідження - 5.
- Коефіцієнт надлишку повітря при роботі на вугіллі $a = 6,5 - 7,5$.

Обрана авторами методика дозволила розраховувати основні режимні характеристики роботи киплячого шару: надлишок повітря, швидкість на виході з шару, витрату згорілого палива, витрату повітря під решіткою при заданих конструктивних характеристиках топки і температурі шару.

Результати розрахунків теплопродуктивності моделі топки наведені в табл.1, а результати розрахунків параметрів роботи моделі топки в табл. 2.

Таблиця 1

Теплопродуктивність моделі

№	Назва	Одиниці виміру	Значення
1	Теплова потужність моделі	кВт	18,0
2	Теплотворність палива	кДж/кг	16720
3	Витрати палива	кг/год.	6,45
4	ККД моделі топки	%	50
5	Теплопродуктивність моделі	кДж	53922

Таблиця 2

Параметри роботи моделі топки

№	Назва	Одиниці виміру	Значення
1	Середня температура газів	К	873
2	Дійсні витрати газу	м ³ /год.	766
3	Швидкість газів в перетині	м/с	3,5
4	Коефіцієнт тепловіддачі при теплов'ємі	Вт/м ² К	22,6
5	Кількість теплоти переданої до стінки	кДж	22154
6	Температура води на вході	К	283
7	Температура води на виході	К	343
8	Витрати води	м ³ /год.	0,36

При наявності всіх основних геометричних характеристик котла, висоти шару і алгоритму розрахунку теплотехнічних характеристик можна проводити дослідження його аеродинаміки. Побудувати модель та дослідити аеродинаміку процесів в топці котла можливо із допомогою одного з комп'ютерних засобів для CFD розрахунків. CFD (computational fluid dynamics) або обчислювальна гідродинаміка – це

могутній наукомісткий інструмент, що зв'язує в собі такі дисципліни як гідродинаміка, чисельний аналіз, теорія диференціальних рівнянь у часткових похідних, обчислювальна геометрія й комп'ютерні науки CFD пропонує кінцево-елементну методику для чисельного рішення систем диференціальних рівнянь у часткових похідних, що звичайно описують динаміку потоку рідини. Для моделювання котельної установки авторами була використана CFD програма Solid Works [3].

Рух текучого середовища моделюється за допомогою рівнянь Нав'є-Стокса, що описують в нестационарній постановці закони збереження маси, імпульсу і енергії цього середовища. Цими рівняннями моделюються турбулентні, ламінарні та перехідні течії. Для моделювання турбулентних течій згадані рівняння Нав'є-Стокса усереднюються по Рейнольдсу, тобто використовується усереднений по малому масштабу часу вплив турбулентності на параметри потоку, а великомасштабні часові зміни усереднених по малому масштабу часу складових газодинамічних параметрів потоку (тиску, швидкостей, температури) враховуються введенням відповідних похідних за часом. У результаті рівняння мають додаткові члени - напруги по Рейнольдсу, а для замикання цієї системи рівнянь використовуються рівняння переносу кінетичної енергії турбулентності та її дисипації у рамках k-ε моделі турбулентності.

Розрахункова область у відповідності з методикою розбивалася на клітинки прямокутної форми, в центрі яких вирішувалися рівняння нерозривності потоку і Нав'є-Стокса.

Для визначення аеродинамічної картини розподілу осьових швидкостей потоку повітря в топці котла, його перетин було розбито на рівномірні відрізки в поперечному перерізі топки і по його висоті.

Загальний вигляд розрахункової сітки в області топки наведено на рис. 2.

Розподіл осьових швидкостей в поперечному перерізі топки котла, отриманий в результаті програмного розрахунку, наведено на рис. 3.

У результаті проведених експериментальних досліджень на лабораторній установці, було визначено діапазон зміни витрати повітря в топці, що становить 400-800 м³/ч, при якому відбувається псевдозрідження. Аеродинамічний опір топки з теплообмінником та відцентровим фільтром не перевищує 1000 Па, при реальних експлуатаційних витратах продувального повітря (до 400 м³/ч).

Отримане розподілення осьових швидкостей по висоті топки, свідчать про наявність зон негативних швидкостей, що є причинами існування в топці вихорів. Зона негативних швидкостей на відстані 300 мм знижується вдвічі в порівнянні з її значенням на відстані 50 мм від ковпачків повітророзподільної решітки, причому порушується симетрія розподілу цієї швидкості.

Основа швидкість повітря, що виходить з перших рядів ковпачків повітророзподільної решітки в порівнянні з останніми рядами щодо повітряного тракту приблизно на 30% більше. Цю обставину необхідно враховувати при організації завантаження палива в топку котла.

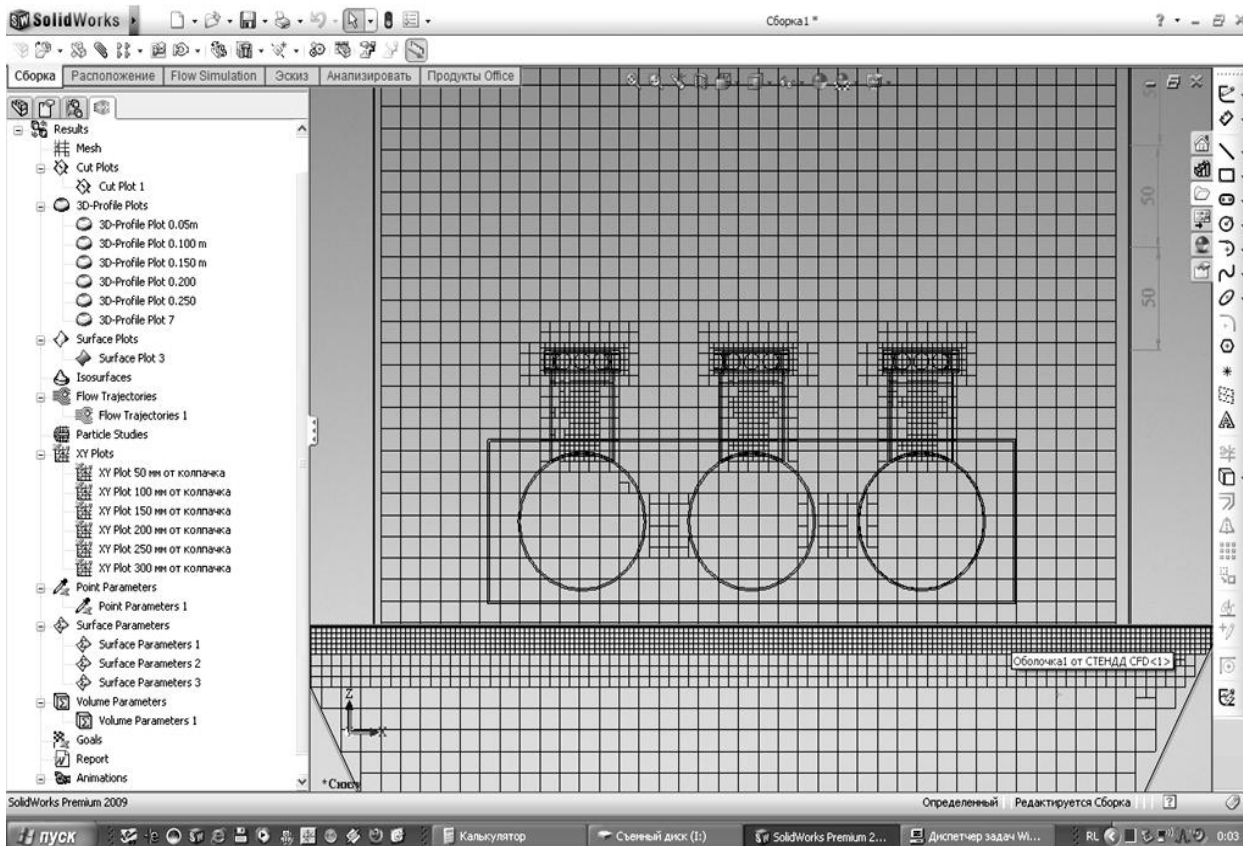


Рис. 2. Загальний вигляд в вікні програми Solid Works розрахункової сітки топкової області котла.

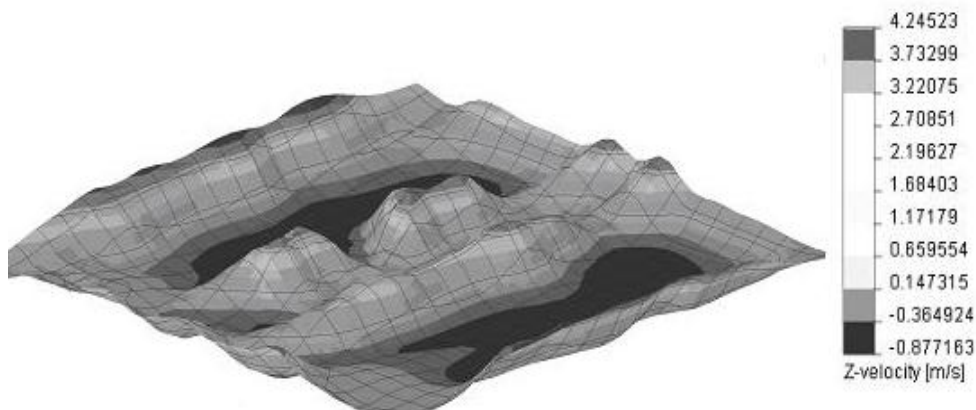


Рис. 3. Аеродинамічна картина течії потоку в топці котла (відстань від повітророзподільної решітки - 100 мм)

На другому етапі, моделювалося віднесення частинок золи (незгорілого палива) і кварцового піску (наповнювача киплячого шару). Визначалася ступінь виносу з топки НТКШ, часток кварцу і золи, різного дисперсного складу - від 1 до 1000 мкм. У розрахунку приймалася щільність частинок - 2600 кг/м³. З проведеного розрахунку, було видно, що частки крупніше 100 мкм, практично не виносяться з топкової об'єму котла НТКШ. Практичний же інтерес з точки зору, ефективності уловлювання, першого ступеня (двоканальний відцентровий фільтр) представляє ефективність його уловлювання.

4. Висновки

Проведені авторами розрахунки, а також чисельне моделювання аеродинаміки на основі рівнянь Нав'є-Стокса за допомогою програми Solid Works дозволило визначити значення основних її режимних характеристик та ефективність роботи топки, отримати аеродинамічну картину поведінки газового потоку в топці котла НТКШ.

Результати моделювання аеродинаміки котла НТКШ, отримані в програмі Solid Works, було доповнено результатами експериментальних досліджень аеродинаміки стенду НТКШ, завдяки чому вдалося встановити, що при розрахункових значеннях витрат повітря 200 - 400 м³/год, що подається у топку НТКШ на горіння, аеродинамічний опір котельного агрегату не перевищує 800 Па, що є досить прийнятним для умов енерговитрат прийнятих в енергетиці.

Література

1. Будкова, Е.В. Технология сжигания низкосортного твердого топлива и котельная установка для ее реализации [Текст] / Е.В.Будкова, С.Н.Кузьмин // Тр. ТГТУ. Технологические процессы и оборудование. - 2001. - N 8. - С.101-105.
2. Бурмакина, А.В. Проектные предложения по основному оборудованию твердотопливной ТЭЦ с котлами циркулирующего кипящего слоя [Текст] / А.В. Бурмакина // Энергетики и металлурги настоящему и будущему России: 2 Всерос. науч.-техн. конф. аспирантов и студентов, Магнитогорск, 22-23 мая 2001 г. - Магнитогорск: МГТУ, 2001. - С.6.
3. Алямовский, А.А. Solid Works 2007/2008 Компьютерное моделирование в инженерной практике [Текст] / А.А. Алямовский. - СПб.: БХВ, 2008. - 1040 с.

В роботі приведені результати досліджень по визначенню впливу щільності струму, концентрації кислоти в прианодному шарі, а також часу електролізу на ефективність електрохімічної переробки відпрацьованих нейтральних та кислих регенераційних розчинів, що містять сульфат натрію та іони нікелю

Ключові слова: електроліз, іонний обмін, регенераційні розчини

В работе приведены результаты исследований по определению влияния плотности тока, концентрации кислоты в прианодном слое, а также продолжительности электролиза на эффективность электрохимической переработки отработанных нейтральных и кислых регенерационных растворов, которые содержат сульфат натрия и ионы никеля

Ключевые слова: электролиз, ионный обмен, регенерационные растворы

The results of investigations to determine the effect of current density, concentration of acid in the anode layer and the duration of electrolysis on the efficiency of electrochemical processing of neutral and acidic waste regeneration solutions containing sodium sulfate and nickel ions are presented in this work

Keywords: electrolysis, ionic exchange, reclaiming solutions

УДК. 628.33

ЕЛЕКТРОХІМІЧНЕ ВИЛУЧЕННЯ ІОНІВ НІКЕЛЮ З НЕЙТРАЛЬНИХ ТА КИСЛИХ РЕГЕНЕРАЦІЙНИХ РОЗЧИНІВ

Ю. А. Омельчук

Кандидат хімічних наук, доцент, декан ЕкТФ
Севастопольський національний університет ядерної
енергії і промисловості
вул. Курчатова, 7, м. Севастополь, Україна, 99033
Контактний тел.: (0692) 71-30-05

О. В. Глушко

Кандидат технічних наук, старший викладач*
Контактний тел.: 099-791-11-89
E-mail: alyona_glushko@ukr.net

В. С. Камаєв

Кандидат технічних наук, старший викладач*

М. Д. Гомеля

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри
*Кафедра екології та технології рослинних полімерів
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»
пр. Перемоги 37, м. Київ, Україна, 03056
Контактний тел.: (044) 236-60-83
E-mail: m.gomelya@kpi.ua

1. Вступ

Антропогенне навантаження на навколишнє середовище невпинно збільшується із року в рік. Одним з важливих питань охорони навколишнього середовища та раціонального використання ресурсів є знешкодження стічних вод та утилізація відходів гальванічних виробництв.

Вибіртогочиіншогометодуочищеннястічнихводвід важких металів, які відносяться до найнебезпечніших забруднювачів довкілля, залежить від об'ємів стоків, складу та концентрації домішок в них, місцевих умов водозабезпечення виробництв та скиду стоків. Довгий час універсальними методами очищення води від іонів важких металів були реагентні методи [1], які передбачають переведення металів в нерозчинні у