

Наукова робота

на тему: «Методи підвищення енергетичної та екологічної ефективності
промислового котла на біогазі»

АНОТАЦІЯ

Наукової роботи під шифром «1-Біогаз»

Актуальність. У розвинутих країнах на вироблення теплоти витрачається значна частина паливноенергетичних ресурсів, що добувається. Найбільш енергоємкою галуззю є промисловість, яка споживає близько 50 % палива, що добувається. Значну частину становить паливне споживання, тобто використання теплоти у вигляді гарячої води чи водяної пари за рахунок водогрійних та парових котлів для опалення, гарячого водопостачання та ін.

Біоконверсія органічних відходів є одним з прогресивних, економічно ефективних та екологічно прийнятних рішень для запобігання забруднення навколишнього середовища. При цьому є змога раціонально використовувати органічні речовини та звільнювати акумульовану в них енергію. Значне зростання цін на первинні енергоносії вимагає пошуку альтернативних видів палива: одним із перспективних є біогаз. Ефективність та надійність процесу біоконверсії в значній мірі залежить від організації використання біогазу при видобутку теплової енергії у водогрійних котлах. В зв'язку з цим тема роботи є **актуальною**.

Мета роботи – дослідження особливостей спалювання біогазу на прикладі водогрійного котла ВК-22, підвищення енергетичної ефективності котла за рахунок встановлення інтенсифікатора теплообміну, а також дослідження впливу відносного кроку закручування інтенсифікатора на коефіцієнт тепловіддачі з боку газів в жаротрубній частині котла .

Завдання наукової роботи:

- аналіз літературних джерел
- чисельні дослідження роботи котла на природному газі та біогазі при різних складах біогазу, сумісний аналіз результатів числових і експериментальних досліджень.
- дослідження впливу складу та виду палива на ефективність роботи котла, а також підбір інтенсифікаторів для покращення вихідних параметрів теплогенератора.

Методи дослідження – числові дослідження процесу горіння біогазу та природного газу, сумісний аналіз результатів числового та фізичного експерименту.

Загальна характеристика наукової роботи

Структура. Робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаної літератури. Результати роботи складають 17 сторінок, включають 3 рисунка, 2 графіків, 13 використаних наукових джерел.

Ключові слова: біогаз, природний газ, біоконверсія, екологічність, ефективність, інтенсифікатор, промисловий котел, коефіцієнт корисної дії, хімічний недопал.

Зміст

Вступ.....	5
1 Аналітичний огляд літературної інформації.....	6
2 Дослідження роботи водогрійного котла ВК-22 на природному газі та біогазі.	8
3 Вплив інтенсифікаторів теплообміну на енергетичні показники роботи промислового котла	
Ошибка! Закладка не определена.	
Висновки	11
Список використаної літератури	16

Вступ

Наукова робота присвячена проблемам використання біогазу замість природного газу у промислових водогрійних котлах. При спалюванні біогазу виявлено, що причина хімічного недопалу при спалюванні біогазу викликана вмістом CO_2 , до 40%, в складі палива. Проаналізувавши методи покращенні ефективності роботи конвективних поверхонь теплообміну котла, реалізовано метод інтенсифікації, в результаті чого ККД котла досягнув рівня природного газу. Заміна природного газу призводить до суттєвого зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище.

1 Аналітичний огляд літературної інформації.

До основних компонентів біогазу відносяться CH_4 та CO_2 , співвідношення яких залежить від вихідного субстрату і характеристик процесу бродіння (температури, часу перебування місив реакторі, загрузки робочого середовища). Поряд з цими важливими компонентами біогаз вміщає в собі значні кількості H_2 та H_2S , а також N_2 . Приведені фізичні властивості біогазу дозволяють судити про можливість його практичного використання і необхідні для цього прийоми. Об'ємна теплота згорання (Q_v) визначається в основному вмістом CH_4 , оскільки незначні кількості H_2 і H_2S на цей показник практично не впливають. Відповідно температура загорання і межа загорання також залежать від вмісту CH_4 .

Огляд літературної інформації показав, що значна кількість робіт присвячена вивченню ефективності спалюванню біогазу в промислових котлах: так у практичних дослідженнях [1] було встановлено, що у промислових котлах при переході з природного газу на біогаз зниження ККД складає 6-7,5%, концентрація CO вища на 11-18 мг/м^3 , встановлення інтенсифікаторів теплообміну у жаротрубних елементах котла підвищує ККД на 1,8-3,15%.

При спалюванні біогазу при $\alpha=1.15-1.5$ покази NO_x не перевищували значення 65 мг/м^3 [2], що свідчить про прийнятні екологічні характеристики біогазу як палива.

Також важливу роль грає очищення біогазу, адже від його складу залежить ефективність його спалювання. Його основними забруднювачами є волога, діоксид вуглецю (CO_2) та сірководень (H_2S). Основними методами очистки біогазу є: мембранний, хімічний та криогенний. Для осушування також можна застосовувати розділення компонентів дистиляцією із конденсованої фази [3], при якому вихід корисного продукту (метану) складає 70%. Біогаз також можна збагачувати метаном [4] і досягати концентрацій 90%, що усуває основні проблеми його спалення у порівнянні з природним газом.

Темі виробництва і використання біогазу присвячено багато робіт і вона є популярною, але робіт в яких займаються проблемами спалювання біогазу в котлах і їх вирішенням недостатньо.

Тому, на основі проаналізованої літератури, метою даної роботи обрано саме проблеми горіння біогазу, встановлення причин зниження ККД котла при спалюванні біогазу, реалізація методів їх вирішення.

Завдання наукової роботи:

- чисельні дослідження роботи котла на природному газі та біогазі при різних складах біогазу, сумісний аналіз результатів числових і експериментальних досліджень.
- дослідження впливу складу та виду палива на ефективність роботи котла, а також підбір інтенсифікаторів для покращення вихідних параметрів теплогенератора.
- реалізація результатів досліджень в інженерних рішеннях,

2 Дослідження роботи водогрійного котла ВК-22 на природному газі та біогазі.

Вид робочого палива – біогаз, природний газ. Склад біогазу : CH_4 –70 %; H_2 – 0,02 %; H_2S – 0,96 %; CO – 0,02 %; N_2 – 2 %; CO_2 – 27 %; вологість $d=10 \text{ г/м}^3$.

Робочі параметри котла: теплопродуктивність $Q = 3,15 \text{ МВт}$; коефіцієнт надлишку повітря у відхідних газах для біогазу $\alpha_{\text{вг}} = 1,15$; температура води на вході $t' = 55 \text{ }^\circ\text{C}$; температура води на виході $t'' = 105 \text{ }^\circ\text{C}$. Конструкція котла і його габаритні розміри показані на рис.2.1.

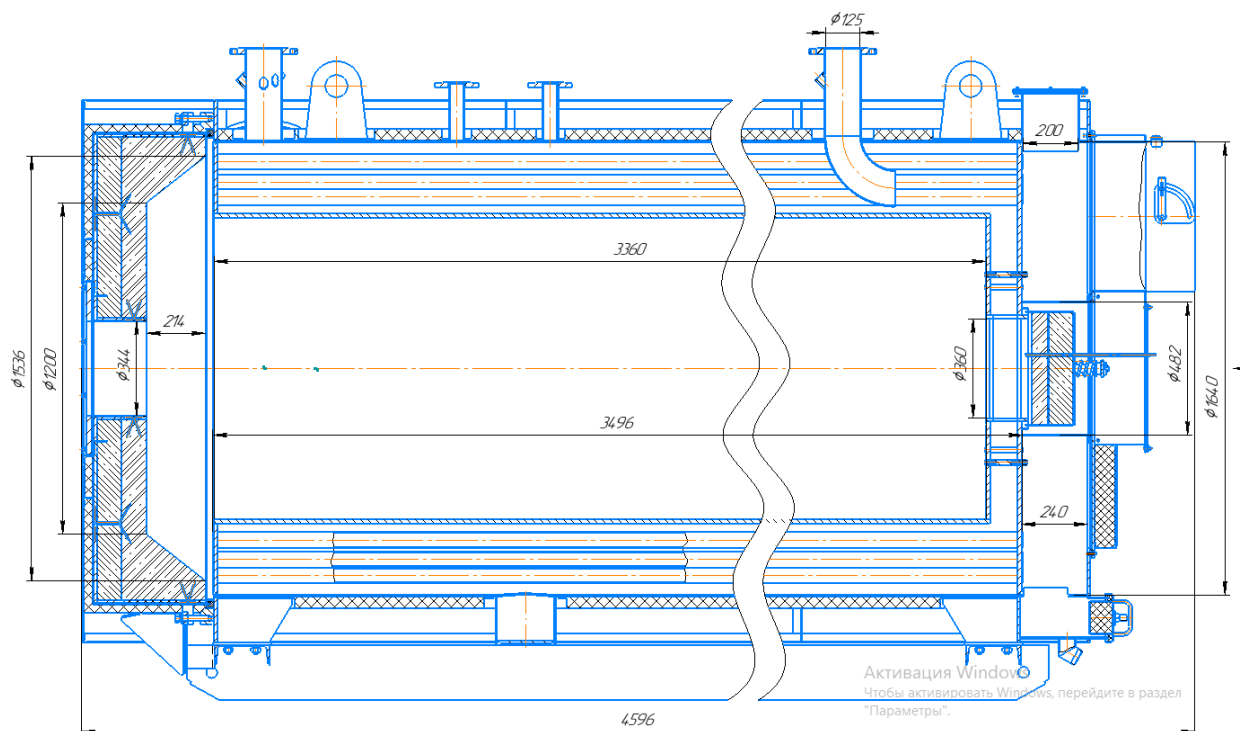


Рисунок 2.2-Водогрійний котел ВК-22

В таблиці 2.9 показано початкові дані і результати чисельного дослідження водогрійного котла[1] на біогазовому паливі які проводились при різних показниках вмісту метану в біогазі, а також різних вологостях, що залежить від ступеню очистки палива і впливає на роботу котла.

Таблиця 2.9 – Розрахунок котла на біогазі

Величина			Значення								
Найменування	Позначення	Розмірність									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Метан	CH ₄	%	60	65	70	60	65	70	60	65	70
Водень	H ₂	%	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Сірководень	H ₂ S	%	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
Чадний газ	CO	%	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Азот	N	%	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Вуглекислий газ	CO ₂	%	37	32	27	37	32	27	37	32	27
Вологовміст	d	г/м ³	10	20	30	10	20	30	10	20	30
Коефіцієнт надлишку повітря	α	-	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
Потужність котла	Q	кВт	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150	3150

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Витрата палива	V_p	m^3/c	0,164	0,151	0,140	0,165	0,152	0,140	0,165	0,152	0,141
ККД котла	η	%	88,34	88,67	88,93	88,10	88,40	88,67	87,88	88,24	88,46
Температура на виході з котла	$t_{вг}$	$^{\circ}C$	195	190	186	197	193	189	199	194	191

Слід зазначити що при використанні природного газу в котлі ККД складає 91,6%, температура газів на виході з котла 175 $^{\circ}C$, робоча витрата палива 0,096 m^3/c .

3 Вплив інтенсифікаторів теплообміну на енергетичні показники роботи промислового котла

Оскільки при найкращому запропонованому складі біогазу температура на виході з котла 186 °С є високою а ККД теплогенератора складає 89,71 % що є недопустимим показником, було прийнято рішення застосувати інтенсифікатори теплообміну для покращення теплосприймання в зоні конвективного пучка з боку газів. Також важливо при покращенні вихідних параметрів котла слідкувати за температурою вихідних газів, щоб вона не була нижчою ніж температура точки роси для продуктів згорання біогазу.

Інструментом покращення теплообміну буде слугувати закручений стрічковий інтенсифікатор теплообміну. Він має високу ефективність, не складну конструкцію та дешевий у виготовленні, простий у монтажі рис.3.1.

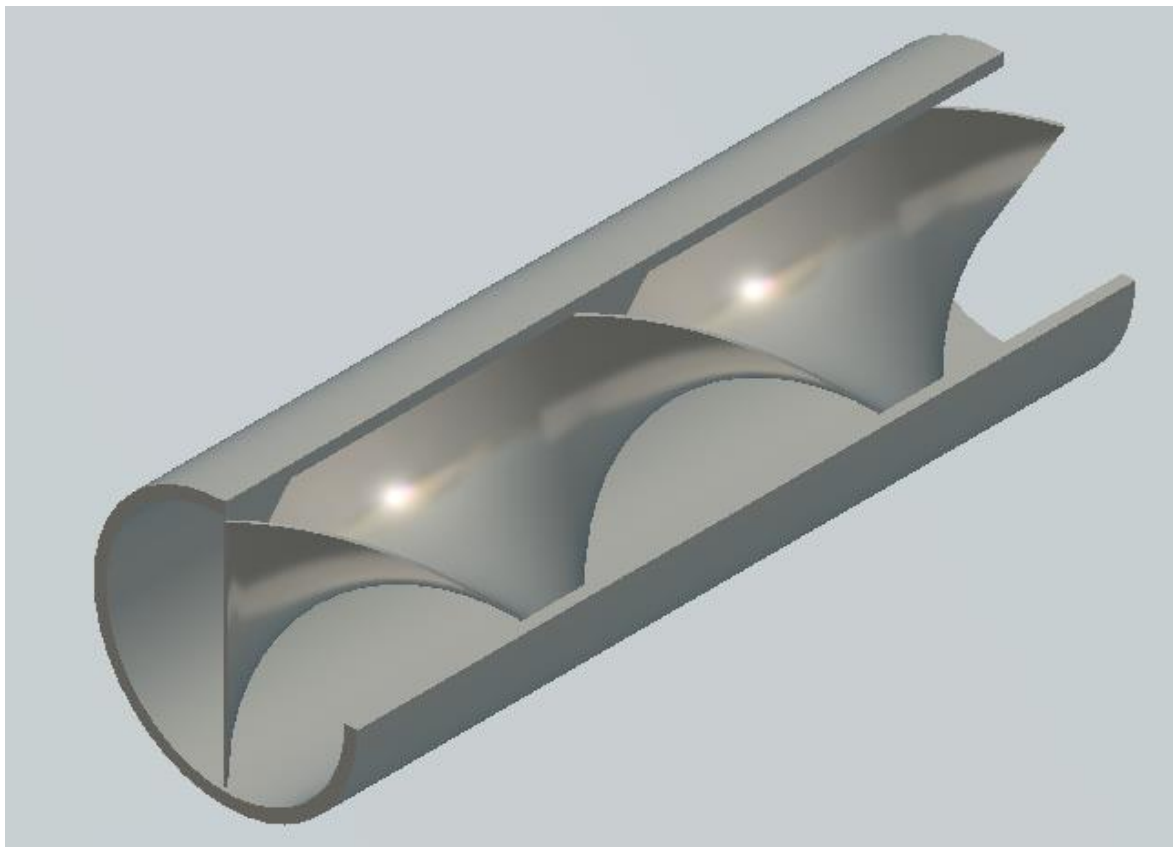


Рисунок 3.1-Стрічковий інтенсифікатор

Як видно з рисунку, його геометрична форма сприяє закрученню потоку димових газів, що призводить до їх турбулізації. Встановлюється елемент в трубу із зазором в 1-2 мм від внутрішніх стінок і для труби з $D_{\text{вн}}=0,57$ візьмемо стрічку товщиною 2 мм.

Ефективність такого інтенсифікатора залежить від показника S/d , який варіюється у діапазоні від 2,5 до 11. Це показано на кресленні рис. 3.2, де S – крок закручення, d – діаметр інтенсифікатора.

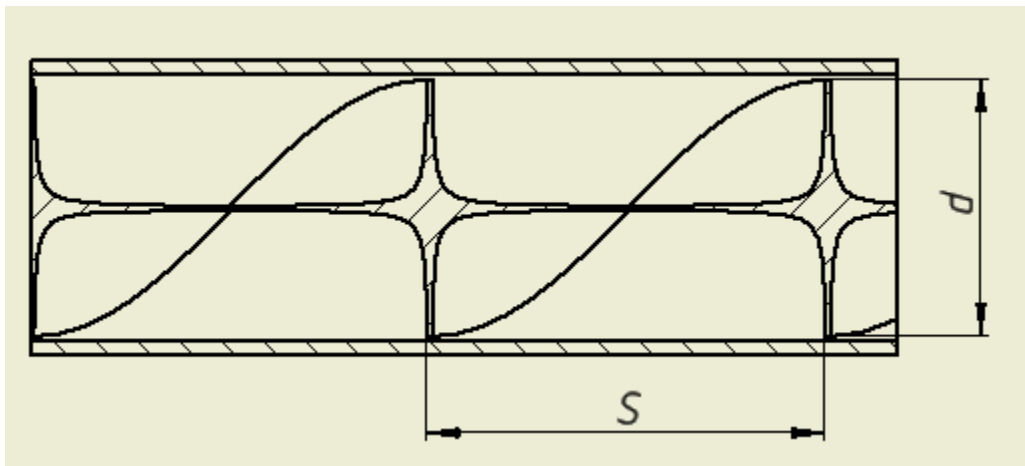


Рисунок 3.2 Інтенсифікатор в розрізі.

Результати встановлення інтенсифікатора наведені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Показники котла з інтенсифікаторами

S/d	3	4	5	6	7	8
$\eta, \%$	91,44	91	90,7	90,5	90,3	90,1
$t_{\text{вг}}, ^\circ\text{C}$	142	150	155	158	162	165

На рисунку 3.3 показано зростання ККД зі зменшенням показника S/d , це означає що чим менший крок закручування тим кращий теплообмін.

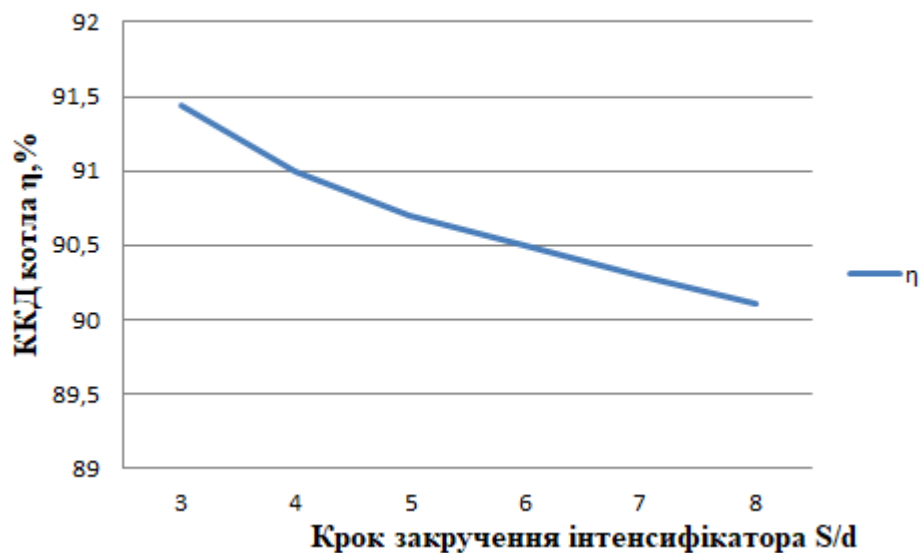


Рисунок 3.3 – Залежність ККД котла від кроку закручування інтенсифікатора

На рисунку 7.4 показано зниження $T_{вг}$ зі зменшенням показника S/d , це також напряму залежить від кроку закручування інтенсифікатора S/d .



Рисунок 3.4 – Залежність температури відхідних газів за котлом від кроку закручування інтенсифікатора

Як видно з графіків (рис. 3.3–3.4) показники котла на біогазі з інтенсифікатором значно зросли після модернізації. При цьому середня різниця ККД котла до і після модернізації на всьому діапазоні дослідження складає 0,4-1,7%, а температури відхідних газів $T_{\text{ВГ}}$ від 21-41°C.

Висновки

В результаті сумісного аналізу чисельного і фізичного експерименту встановлена причина зниження ККД промислового водогрійного котла на біогазі. Визначено теплоту згорання біогазу при різних його складах; коефіцієнт корисної дії котла, що дорівнює 89,7 % до встановлення інтенсифікаторів та 91% після їх встановлення; температуру відхідних газів на виході з котла 186°C, до модернізації та 155 °C в середньому після неї.

При цьому збільшення ККД котла до і після модернізації на всьому діапазоні досліджуваних параметрів становить 0,4-1,7%, а зменшення температури відхідних газів $T_{вг}$ на 21-41°C

Наукова новизна даної роботи полягає у встановленні причин хімічного недопали при спалюванні біогазу. Вміст CO_2 у паливі затруднює в процесі горіння окиснення метану.

Використання біогазу має переваги не тільки в економії шляхом заміщення природного газу, але і як метод покращення екологічної обстановки та використання незадіяних енергетичних джерел, які, нажаль, перебувають зараз у вигляді сміттєзвалищ і займають площу 7% від загальної території України. Заміщення природного газу складає 2995920 м³/рік, що зменшить техногенне навантаження на навколишнє середовище і зменшує залежність від імпортного газу.

Список використаної літератури

1. Куріс, Ю. В. Підвищення теплотехнологічних та екологічних показників спалювання біогазу в теплогенеруючому обладнанні: автореф. дис. канд. тех. наук: 03.10.07./ Юрій Володимирович Куріс. – К. : НАНУ, 2005. – 19с.
2. Сигал И.Я. Сжигание биогаза в промышленных котлах/ И.Я. Сигал, А.Р. Щекин, Э.П. Домбровский, А.В. Марковский, В.П. Куц, Е.С. Кернажицкая//Київ:«Экотехнологии и ресурсосбережение».2002.-№2С.15-19.
3. Колобродов В.Г. Разделение компонентов биогаза методом дистилляции из конденсированной фазы / В.Г. Колобродов, А.А. Шейнина, Л.В. Карнацевич Т.К. Григорова, М.А. Хажмурадова, В.П. Воробьева, Э.И. Винокуров //-Национальный Научный Центр «Харьковской физико-технический институт»: «Экотехнологии и ресурсосбережение».2002.-№1С.29-33.
4. Сигал И.Я. Выброс СО при сжигании биогаза в топках котлов/ И.Я. Сигал, А.В. Смихула //-Київ: Институт газа НАН Украины «Экотехнологии и ресурсосбережение».2003.-№4С.40-43.
5. Карнацевич Л.В. Повышение качества биогаза: достижения и перспективы/ Л.В. Карнацевич, М.А. Хажмурадов, В.Г. Колобродов,
6. О.И. Волчок //Национальный Научный Центр «Харьковской физико-технический институт»: «Экотехнологии и ресурсосбережение».2004.-№5С.3-10.
7. Боднар Л.А. Дослідження ефективності інтенсифікації теплообміну в газотрубному теплообміннику водогрійного котла/ Л.А. Боднар, І.В. Лепетан// Науково-технічний журнал «Сучасні технології, матеріали і конструкторські в будівництві.2016. №2 С. 93-97.
8. Щукін В.К. Теплообмен и гидродинами внутренних потоков в полях массовых сил/ В.К. Щукін.М.: Машиностроение, 1980.240 с.
9. Ткаченко С.Й. Удосконалення технології спалювання біогазу отриманого при процесах біоконверсії / Д.В. Степанов, Ю.В. Куріс, А.В. Нестеренко // Фаховий журнал «Новини енергетики».– 2007.№2 – С. 36 – 42.
10. Тепловой расчет котельных агрегатов. Нормативный метод. – М.: Энергия, 1973. – 296 с.

11. Тепловой расчет котлов (нормативный метод). – Изд. 3-е перераб. и доп. – СПб.: Изд. НПО ЦКТИ, 1998. – 256 с.
12. Чепурний М.М., Джерела енергії теплотехнології /Ткаченко С.Й. –Вінниця: ВДТУ, 1998. – 70 с.
13. Тепловой расчет котлов (нормативный метод)//Санкт-Петербург.1998.299с.