

**ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ТА АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ**

УДК 621.182.5

**РОЗРОБКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ТВЕРДОПАЛИВНОГО КОТЛА З СИСТЕМОЮ
АВТОМАТИЗОВАНОГО РЕГУЛЮВАННЯ**

Гуцько Ірина Василівна к.т.н., доцент
Гуцаленко Олександр Володимирович к.т.н., доцент
Кравець Світлана Миколаївна асистент
Вінницький національний аграрний університет
Gunko I.
Hutsalenko O.
Kravets S.

Vinnitsa National Agrarian University

Анотація: розроблений і виготовлений ефективний твердопаливний котел для малих виробничих приміщень. Проведені експериментальні дослідження на основі яких розроблено сучасну мікропроцесорну систему управління процесу спалювання.

Ключові слова: опалення, котел, температура, регулювання, автоматизація.

Постановка проблеми

Технічне завдання замовника котла включає такі вимоги: тривалість роботи котла без до заправки палива (не менше 12 год.); «всеїдність» котла стосовно палива; безпечність і надійна робота котла при відсутності людини в нічний час; комфортність в користуванні; конструктивно він має бути в вигляді котла-плити для можливості розігріву їжі чи нагріву води; швидкий розігрів приміщення (до 30 хв.).

Аналіз останніх досліджень

Пошук повітрягрійних котлів, які б задовольняли цим вимогам показав наявність дуже великої кількості видів, розмірів, назв виробників [2], [3]. Більша їх частина призначена для житлових приміщень, бань і таке інше. Інша частина знайдених котлів призначена для промислових будівель. Перші можуть бути використані і інколи використовуються в подібному до нашого випадку, але вони тільки частково задовольняють підприємців. Другі занадто потужні і дорогі. Найбільш поширені котли типу «Булеріан» він же «Сварог», «Canada» і інші. Шукати подібні котли не потрібно, достатньо зайти в найближчий технічний супермаркет. Більшість з цих котлів мають високий ККД, довго працюють на одній закладці. В той же час такі котли і печі дуже розбірливі до виду палива, при порушенні вимог до палива швидко прогоряють і їх строк служби не перевищить один сезон. Не знайшлося ні одного котла (крім промислових) в яких була б хоч якась проста автоматика чи контроль за процесом спалювання.

Найбільш наближеним до наших вимог є повітрягрійні прибалтійські котли KALVIS, а з них саме KALVIS-KO2A. Конструктивно це котел-плита з потужністю 17 кВт – практично те що нам треба. На жаль ці котли теж потребують деякого контролю, тепловіддача розрахована тільки на звичайну конвекцію і вони не можуть працювати з таким видом палива як тирса. Для цього має бути примусовий піддув повітря.

Мета роботи

Метою роботи є створення сучасного ефективного твердопаливного, повітрягрійного котла з надійною системою контролю і регулювання процесу спалювання самих різних видів палива.

Викладення основного матеріалу

Сьогоднішня ситуація в країні складається таким чином, що на питання «як не замерзнути зимою» наші співвітчизники шукають відповіді, вивчаючи прогнози економістів, а не синоптиків. В зв'язку з ростом цін на енергоносії, а саме на газ, нафтопродукти та електроенергію, питання опалення у всіх сферах стає надто актуальним. Альтернативою в даному випадку може стати тільки використання твердого палива якого в різних його видах поки що достатньо.

Сучасна опалювальна техніка яка використовує тверде паливо, з одної сторони, пішла далеко вперед. З іншого боку теорія спалювання і основні розрахунки залишилися без особливих змін [1].



З'явилися нові розробки в вигляді модернізованих моделей твердопаливних котлів. Деякі добре відомі старі котли і печі приводяться до вимог нашого часу. В цілому розвиток промисловості зробив сучасні опалювальні прилади значно ефективнішими, комфортними і навіть красивими.

Декілька років назад перед нами була поставлена задача розробити і виготовити твердопаливний повітрягрійний котел-плиту для малих підприємств, майстерень тобто для виробничих приміщень. ККД має бути не нижче 70%, а тривалість горіння від однієї закладки не менше 12 годин, достатньо комфортним в обслуговуванні. Котел має однаково добре працювати з всіма можливими видами твердого палива. Потужність має бути достатньою для опалення приміщень від 30 до 100 м². Обов'язково швидкий вихід на режим і протипожежна надійність.

Розроблений і виготовлений в одному екземплярі повітрягрійний котел має вигляд звичайної плити (рис. 1), (рис. 2). Корпус 1 котла виготовлено з сталі товщиною 4мм і має висоту 75см. Ширина і довжина котла визначились розміром стандартної чавунної плити і має розмір 42*67см. Весь корпус котла розділений по вертикалі на три частини двома горизонтальними перегородками. Верхню частину висотою 35см займає топка 2. Під нею – зольник 3 висотою 18см. Нижній відсік розрахований на ящик 4 з інвентарем. На передній стінці котла розміщені дверці топки 5 з розміром 25*26см і тепловим екраном, а також дверці зольника 6. Горизонтальна перегородка топки покрита шаром вогнетривкої цегли 7 з вмонтованою в неї колосниковою решіткою 8 яка зміщена ближче до дверець топки. В чавунній плиті 9 більший комфорочний отвір закритий суцільною кришкою-люком 10. Він буде використовуватись при загрузці сипучих паливних матеріалів. На задній стінці котла розміщений димохід 11 вхідний отвір в який прикрито тепловим екраном 12. Нижче на рівні зольника закріплене піддувало 13 з автоматизованою заслінкою 14. Автоматизація заслінки полягає в тому що для її повороту використовується електричний сервопривід, а для контролю за її кутовим положенням спеціальний аналоговий датчик. На вхідному фланці піддувала змонтовано невеликий вентилятор 15 для примусової подачі повітря (наддува) в топку.

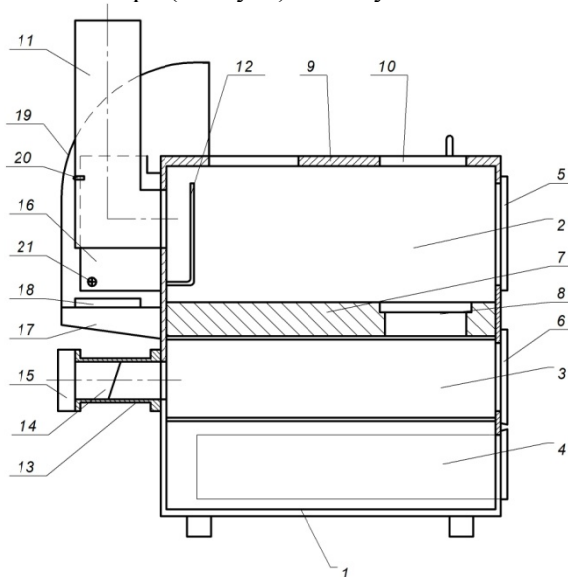


Рис. 1. Повітрягрійний котел

Для більш ефективного відбору тепла від задньої стінки котла зона біля димоходу забезпечена ребрами 16. Нижче під ребрами закріплена панель 17 з двома вентиляторами 18 які необхідні для примусової конвекції і швидкого відбору тепла. Для правильної і ефективної роботи вентиляторів до їх панелі прикріплюється кожух 19. Форма кожуха дозволяє направляти нагріте повітря задньою частиною котла вперед вздовж бокових стінок і над верхньою плитою. Потік повітря рухається над розігрітою чавунною плитою і захоплює нагріте там повітря, Те саме має місце і по боковим стінкам. Таким чином тепло примусово відбирається майже зі всіх сторін і поверхонь котла і подається імовірно в робочу зону приміщення.

Для точної роботи системи керування і контролю за процесом горіння в димоході біля топки вмонтований датчик температури газів 20 в вигляді хромель -копелевої терморпарі, а на одному з ребер задньої стінки закріплений напівпровідниковий датчик температури корпусу котла 21.

Котел відпрацював вже два опалювальних сезони. Перший рік він працював в ручному режимі. В металоконструкцію вносились деякі поправки. Наприклад розраховані розміри топки і



димоходу за відомими методиками значно змінені по декількох практичних причинах. Розмір топки ми збільшили не з причини збільшення потужності, а з необхідності завантаження більшої кількості палива для безперервної роботи котла впродовж 12 годин.



Рис. 2. Загальний вигляд повітрягрійного котла

В свою чергу розмір діаметра труби димоходу розраховують виходячи з об'єму топки і тоді він може стати не виправдано великим. При визначенні діаметра труби димоходу ми виходили із правила: його діаметр має бути більшим від діаметра отвору піддувала. Таким чином вирішено застосувати трубу діаметром 110мм. Причому ми не стали утеплювати частину димоходу що знаходиться в приміщенні. Висота цієї частини становить 3,5м, тобто вона значна. Завдяки цьому ККД всієї системи збільшився орієнтовно на 10...15%. Зовнішня частина висотою 2м звичайно утеплена. Останні рішення стосовно димоходу мають і негативні наслідки. Чистити димохід треба частіше в середньому один раз на місяць. Звичайно це часто але для виробничих приміщень допустимо.

Особливої уваги потребує система керування котлом. На початковому етапі планувалось використати яку-небудь готову систему керування яка випускається для котлів водяного опалення. При уважному вивченні цих пристроїв виявилось, що вони занадто спрощені. В цих опалювальних системах є датчик температури води в мережі і є вентилятор для подачі повітря в зону горіння. Час керування тут може бути від 30 хвилин, і більше. Це пов'язано з великою тепловою інерційністю системи.

Наприклад датчик показав зменшення температури. Контролер збільшує число обертів вентилятора. Більша кількість повітря викликає сильніше горіння в топці. Поки тепло передається воді пройде 30 хв. Якщо в топку котла завантажено неякісне, неоднорідне паливо то за цей час горіння може припинитись. Ситуацію можна виправити якщо використати механічний регулятор тяги. Цей пристрій має біметалевий датчик температури розташований в димороді на виході з топки. Його важіль через ланцюжок взаємодіє з заслінкою в піддувалі і таким чином більш оперативно реагує на процес горіння в топці. На жаль в інших режимах (розпалювання чи закінчення роботи котла) цей пристрій викликає необхідність втручання оператора. Експлуатація нашого котла показала, що при використанні дров, дров'яних брикетів, і т.інш., в якості палива примусова подача (піддув) повітря не потрібна і навіть шкідлива. Звичайна «гравітаційна» тяга достатня для сильного горіння в режимі розпалювання, а при переході до основного тліючого режиму піддувало необхідно майже повністю перекрити. Для розробки алгоритму і програми керування необхідні деякі важливі параметри. Наприклад як швидко реагує процес горіння на відкриття чи закриття заслінки в піддувалі, як на ці параметри впливає примусова конвекція і таке інше.

На рисунку 3 показаний графік зміни температури газів на виході з топки при різкому закритті заслінки піддувала і далі при різкому відкритті. Ці експериментальні графіки показали, що процес горіння реагує на заслінку досить швидко – не більше 10 секунд при закритті і не більше 5 секунд при відкритті. Графік *c* на рисунку 3 показує що при включенні вентиляторів примусової конвекції крутизна падіння температури газів на виході з топки практично не змінюється і значить процес горіння в топці теж не змінюється.



Знайдені експериментальні дані дуже важливі для розробки якісного алгоритму керування. Наприклад це дає змогу точно розрізнити моменти коли в топці вогонь згасає, та коли згасає через закінчення палива. Завдяки датчику температури на задній стінці котла можна одержати характеристику інерційності котла.

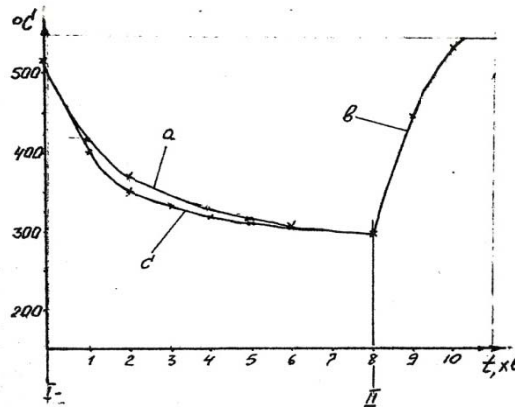


Рис. 3. Експериментальні графіки зміни температури газів на виході з топки при різкому закритті заслінки I і далі при різкому відкритті II: a – крива падіння температури при закритій заслінці, b – крива підняття температури при відкритій заслінці, c – крива падіння температури газів при включених вентиляторах конвекції

На рисунку 4 приведений експериментальний графік який показує як швидко нагріваються стінки котла при його розпалюванні і як швидко зміниться температура при включенні вентиляторів конвекції. Таким чином ми знайшли час виходу котла на сталий режим, він становить 30 хвилин.

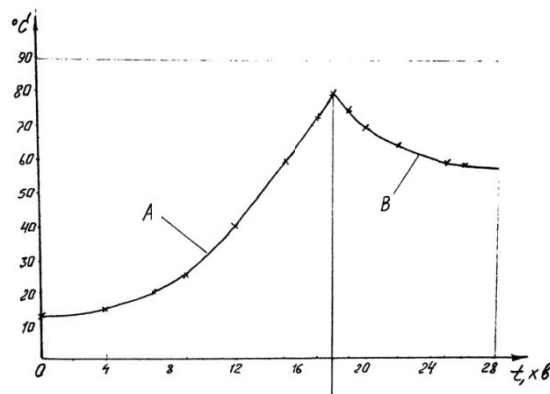


Рис. 4. Експериментальні графіки зміни температури задньої стінки корпусу котла з початку розпалювання A і далі після включення вентиляторів примусової конвекції B

Для вентиляторів примусової конвекції алгоритм керування досить простий. При температурі вище 50 °C вентилятори включаються на малій швидкості, а при її збільшенні до 80 °C включаються на повну потужність. В зворотному напрямку має місце незначний гістерезис. Коли котел переходить на основний режим тліючого горіння, температура котла падає і вентилятори працюють на малій швидкості, а значить не шумлять.

Вентилятор наддува системою практично не керується. Він вмикається при виборі палива і виході котла на сталий режим. Керування процесом горіння при цьому виконується тією ж заслінкою.

Опалювальний сезон котел відпрацював відмінно хоча система керування поки що в тестовому вигляді. Ведеться робота з виготовлення блоку електронного керування у вигляді наближеному до промислового зразка. Для котла можливий режим, коли по закінченню робочого дня в топку завантажуються паливо і котел працює до ранку. Вранці знову завантажуються паливо і т.д. Розмір зольника дозволяє чистити його не частіше одного разу на тиждень.

При проектуванні котла ми не надто розраховували на піролізний процес горіння, хоча він присутній в достатній мірі. Газу генеруються і догорають в задній верхній частині топки. Повітря для цього поступає через нещільності в конфорках чавунної плити і через зазори між плитою і корпусом



котла. Звичайно це має місце при якісному (сухому) паливі.

Маючи всі геометричні дані котла а також експериментальні заміри температур можна вирахувати потужність і ККД котла. На сайті [4] Донцов В. привів метод розрахунку цих параметрів враховуючи європейський стандарт DIN15821.

Упускаючи подробиці розрахунків маємо такі цифри. Потужність котла -25 кВт, ККД - 80% в тліючому режимі (температура на виході з топки 300 °С). З урахуванням димоходу +10% ККД - 90%. В режимі розпалювання і розігріву ККД не перевищить 60% тому що температура на виході з топки буде вище 500 °С.

Список літератури

1. Мастрюков Б. *Теплотехнические расчеты промышленных печей*. С. Пб. Изд-во «Металлургия», 1972, с.368.
2. www.energoinvest.com.ua
3. ru-bio.ukrbio.com/ru/articles/category/12/
4. www.forumhouse.ru

References

1. Mastryukov B. *teplotekhnicheskiye raschety promyshlennykh pechey*. S. P. Izd-vo «Metallurgiya», 1972, s.368.
2. www.energoinvest.com.ua
3. ru-bio.ukrbio.com/ru/articles/category/12/
4. www.forumhouse.ru

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ТВЕРДОТОПЛИВНОГО КОТЛА С СИСТЕМОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Аннотация: разработан и изготовлен эффективный твердотопливный котел для малых производственных помещений. Проведенные экспериментальные исследования на основе которых разработано современную микропроцессорную систему управления процесса сжигания.

Ключевые слова: отопление, котел, температура, регулирования, автоматизация.

DEVELOPMENT OF ENERGY SOLID FUEL BOILERS WITH AUTOMATED CONTROL SYSTEM

Summari: designed and manufactured effective solid fuel boiler for small industrial premises. Experimental studies on which modern microprocessor developed combustion process control system is based were held.

Keywords: heating, boiler, temperature, control, automation.