

КИЇВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

На правах рукопису

С Е Н Ч У К
Михайло Петрович

УДК 697.326

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ
ТВЕРДОГО ПАЛИВА В ТЕПЛОГЕНЕРАТОРАХ
ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

05.23.03 —

Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ 1997

AB 38.706

Робота виконана в Державному науково-дослідному інституті санітарної техніки і обладнання будівель та споруд

Науковий керівник – кандидат технічних наук, дійсний член Академії будівництва України, старший науковий співробітник А. С. Макаров

Офіційні опоненти – доктор технічних наук, професор Е. С. Малкін
– кандидат технічних наук, старший науковий співробітник А. Ф. Міняйло

Провідна організація – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

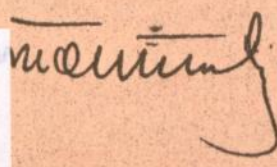
Захист відбудеться « 8 » жовтня 1997 р. о. 13 год. на засіданні спеціалізованої Ради Д.01.18.09 при Київському державному технічному університеті будівництва і архітектури за адресою: 252037, Київ-37, Повітрофлотський проспект, 31, ауд. 466.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці КДТУБіА.

Відгуки на автореферат просимо надсилати у двох примірниках за підписом, завіреним печаткою, на адресу: 252037, Київ-37, Повітрофлотський проспект, 31, КДТУБіА, Вчена рада.

Автореферат розіслано « 5 » вересня 1997 р.

Вчений секретар спеціалізованої Ради, кандидат

 В. О. Потапов

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00751259 (T)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Ефективне використання в Україні власних паливних ресурсів та забезпечення сучасних екологічних вимог є актуальною проблемою. В паливному балансі систем теплопостачання малих населених пунктів, фермерських господарств, малих підприємств доля вугілля складає більш як 30 %, експлуатується приблизно 30 тисяч вугільних котлів теплопродуктивністю до 1 МВт. Основну частину наявного парку становлять теплогенератори з ручними шаровими топками, які розраховані на використання сортового антрациту. Спалювання в них рядового вугілля з високою зольністю і високим вмістом летких речовин приводить до низького ККД котлів, значних викидів шкідливих речовин в довкілля, великої трудомісткості обслуговування. Ця проблема може бути вирішена за рахунок механізованого спалювання вугілля в теплогенераторах невеликої теплопродуктивності, виробництво яких в Україні відсутнє. Тому актуальним є проведення досліджень і розробка методики розрахунку механічних топок для ефективного та екологічно чистого спалювання різноманітного вугілля, в тому числі низькосортного.

Мета роботи: наукове обґрунтування доцільності використання шахтно-шарової топки з штовхачем для високоефективного спалювання вугілля з різними характеристиками по зольності, вмісту летких речовин, фракційному складу, розробка методики розрахунку таких топок на підставі експериментальних досліджень з їх перевіркою на дослідних зразках механізованих вугільних котлів.

Основні завдання роботи: наукове обґрунтування схеми механізованого спалювання вугілля; дослідження спалювання в шарі коксу і різних марок вугілля з визначенням швидкості їх горіння, екологічних показників горіння при різних режимних та конструктивних параметрах; отримання залежностей для розрахунку швидкості горіння коксу та натурального палива в шарі з урахуванням діючих факторів і на їх основі розробка методики розрахунку шахтно-шарової топки з штовхачем, універсальної по паливу з забезпеченням екологічних показників на рівні сучасних вимог.

Наукова новизна: обґрунтовано схему механізованого шахтно-шарового спалювання вугілля, в тому числі низькосортного; розроблено нову методику визначення швидкості горіння твердого палива в шарі (А.с. 1746307 СРСР, патент 6777 України); отримано залежності для інженерних розрахунків швидкості горіння коксу та різних марок вугілля з урахуванням впливу на інтенсивність горіння надміру повітря,

розміру часток палива і швидкості дуття; розроблено методику інженерного розрахунку процесу вигорання в шахті та на решітці; виконано комп'ютерний розрахунковий аналіз і оптимізацію конструктивних параметрів шахтно-шарової топки з штовхачем.

Практична цінність роботи: створено нову конструкцію шахтно-шарової механічної топки з штовхачем (А.с. 1529007 і 1615462 СРСР; патенти 2037097 і 2038533 Російської Федерації), універсальну по ефективному та екологічно чистому спалюванню вугілля різної якості; за участю автора розроблено конструкторську документацію на механізовані котли теплопродуктивністю 0.25, 0.63, 1.25 і 1.6 МВт з шахтно-шаровими механічними топками з штовхачем; проведено впровадження дослідних зразків шахтно-шарових механічних топок на трьох підприємствах: Борисоглібському котельно-механічному заводі (Російська Федерація), ЗАТ «Промінь» (м.Київ) і Котельно-зварювальному заводі N63 (м.Івано-Франківськ). Загальний фактичний економічний ефект від впровадження партії з 290 механізованих котлів теплопродуктивністю 0.25 МВт з шахтно-шаровими механічними топками за період експлуатації складає в перерахунку близько 1.5 млн.грн, щорічна економія палива — близько 2.5 тис.т умовного палива.

Апробація роботи. Основні результати дисертаційної роботи доповідались та були схвалені на X і XI симпозиумах по горінню та вибуху (с.Чорноголовка Московської обл., 1992 і 1996 рр.), науково-технічній конференції «Повышение эффективности использования топлива в энергетике, промышленности и на транспорте» (м. Київ, 1992), об'єднаному семінарі лабораторій котельних агрегатів і тепло-технічних досліджень енергоустановок, наукових колективів Казахського НДІ енергетики (м. Алма-Ата, 1991 р.), науково-практичних конференціях, наукових семінарах, Вченій раді ДержНДІСТ (1989-1996 рр.).

Публікації. По темі дисертації опубліковано 11 праць, в тому числі отримано 3 патенти на винахід та 2 авторських свідоцтва.

На захист виносяться наступні наукові положення: методика визначення швидкості горіння твердого палива в шарі; результати експериментальних досліджень швидкості горіння в шарі коксу та натурального палива (антрациту, кам'яного вугілля, буровугільних брикетів); узагальнюючі залежності для визначення швидкості горіння в шарі коксу та натуральних палив з урахуванням впливу надміру повітря, розміру часток і швидкості дуття; методики розра-

хунку процесу вигорання палива в шахті та на решітці; результати досліджень роботи шахтно-шарової механічної топки з штовхачем.

Обсяг і структура дисертації. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаної літератури з 111 найменувань, додатків, 19 таблиць, 61 рисунка. Загальний обсяг роботи 179 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі показана актуальність проблеми ефективного використання вугілля в системах тепlopостачання з забезпеченням сучасних екологічних показників.

В першому розділі міститься огляд літературних джерел по тепlopостачанню малих населених пунктів, по конструкціях і дослідженнях шарових топок, а також по дослідженнях процесу спалювання різних марок палива. Показано, що робота котлів з ручними топками на вугіллях з високим вмістом летких речовин характеризується великою неповнотою горіння, низьким ККД. Обґрунтовано доцільність модернізації наявного в Україні парку котлів невеликої тепlopодуктивності з ручними топками за рахунок механізованого спалювання сортового і рядового вугілля. Зроблено висновки, що для інженерних розрахунків топок найбільш придатною характеристикою, яка в сукупності враховує вплив всіх факторів на інтенсивність горіння, є питома швидкість горіння — відношення кількості спаленого в одиницю часу палива до сумарної поверхні реагування часток в шарі.

Розглянуто теоретичні та експериментальні дослідження по горінню одиноких часток, а також вигоранню порції палива і стаціонарному процесу горіння в шарі. Для розрахунків швидкості горіння одиноких часток Предводителєв О.С. запропонував критеріальну залежність

$$\text{Nu}_D = \frac{12}{32} \frac{\delta}{\sqrt{\pi}} (1 + \xi) \text{Re}_D^{0.5}. \quad (1)$$

Прийняті критерії Nu_D і Re_D пов'язують швидкість горіння з швидкістю дуття, концентрацією кисню, розміром часток, температурою процесу. Тривалість вигорання порції палива в шарі визначається по формулі Вуліса Л.А. і Бернштейна Р.С.

$$\tau_{\text{повн}} = 0.36 h_{\text{ш}} H_0 \text{C}^P / L^*, \quad (2)$$

а питома навантаження решітки при постійній відносній висоті шару — залежністю Фройштетера Г.Б.

$$G = 3.6K_s L W S.$$

(3)

Разом з тим, в відомих залежностях для розрахунку шару не враховується вплив на інтенсивність горіння надміру повітря, розміру часток палива, є протиріччя в визначенні висоти кисневої зони (від 3-5 розмірів часток до 10), а відповідно, і в оцінці величини швидкості горіння.

В першому розділі запропоновано також шахтно-шарову з штовхачем схему спалювання (рис.1), що поєднує стабільність протитечійного процесу в шахті і поточність поперечного процесу на решітці. Передбачено створення необхідних надмірів повітря в зонах шахти і колосникової решітки з метою зниження шкідливих викидів.

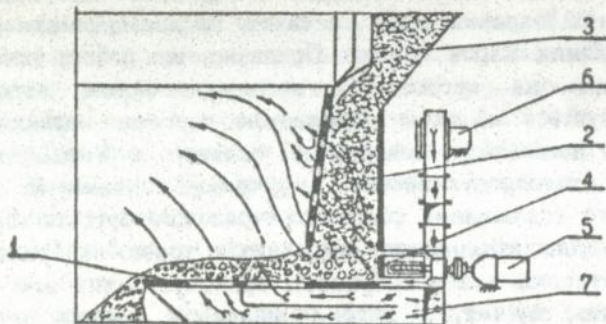


Рис.1. Схема шахтно-шарової механічної топки з штовхачем:
1 — решітка; 2 — шахта; 3 — бункер; 4 — штовхач;
5 — привід; 6 — вентилятор; 7 — повітроводи.

Для впровадження такої схеми спалювання в конструкції топкового пристрою необхідно: розробити методику визначення швидкості горіння палива в шарі для умов спалювання в механічних топкових пристроях; провести дослідження на коксі і різних марках вугілля для визначення швидкості горіння та екологічних показників горіння палива в шарі при режимах роботи топкових пристроїв опалювальних котлів невеликої теплопродуктивності; розробити методики розрахунку вигорання палива в шахті та на решітці; провести розрахункові дослідження вигорання шару палива з визначенням основних конструктивних параметрів топки, експериментальні дослідження елементів топки та дослідних зразків.

В другому розділі приведені схема випробувального стенду, опис експериментальної установки (рис.2), методик визначення швидкості

горіння палива в шарі і скологічних показників. Прийняті такі діапазони зміни основних впливаючих факторів: швидкості дуття від 0.2 до 0.4 м/с; коефіцієнтів надміру повітря від 0.8 до 2.0; розмірів часток від 7 до 50 мм; вмісту летких речовин від 1.35 до 47.8 % та зольності палива від 3.65 до 25.2 %.

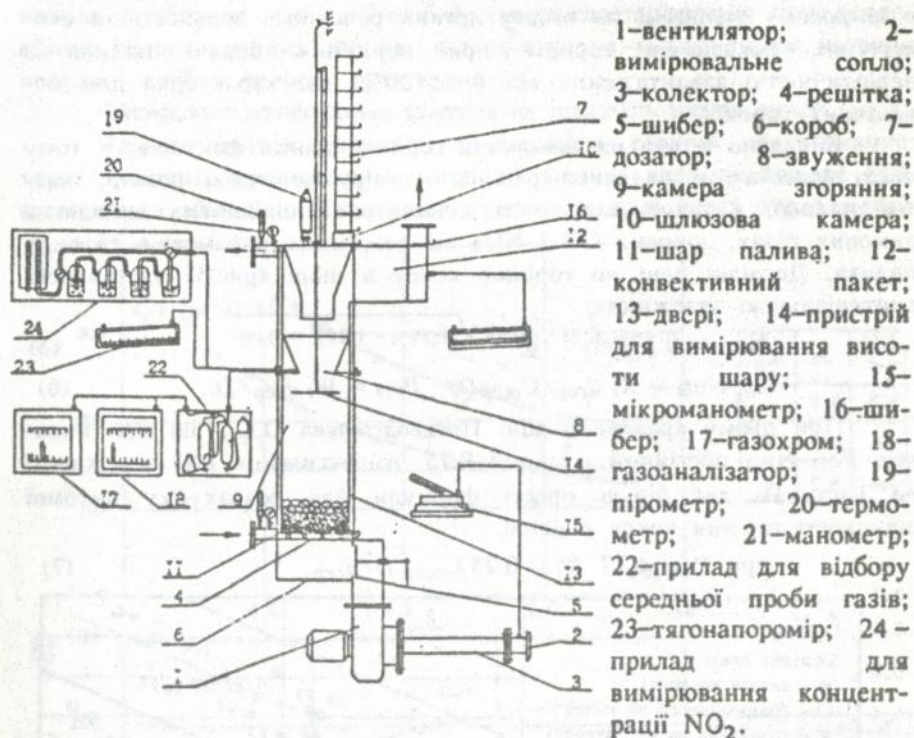


Рис.2. Схема експериментальної установки для дослідження горіння твердого палива в шарі.

Методикою проведення досліджень з визначенням швидкості горіння передбачається, що при постійних подачах палива дозатором і дуттєвого повітря досягається саморегулюванням необхідна поверхня реагування (висота шару вугільних часток), постійна в часі. При цьому кількість палива, що вигоріло, дорівнює кількості палива, яке подається на шар. Активна реагуюча поверхня дорівнює сумарній зовнішній поверхні часток і визначається по результатам розсіювання вогнищевих залишків, а швидкість горіння розраховується по формулі

$$K_s = B / \sum_{i=1}^{n_b} 4\pi M_{\phi} d_m^2 d_b^2 / M_{\text{сер}} (d_m + d_b)^2. \quad (4)$$

В другому розділі також виконаний кількісний аналіз по-хибок вимірювань.

В третьому розділі приведені результати експериментальних досліджень процесу спалювання коксу в шарі, натурального палива в широкому діапазоні по вмісту летких речовин і зольності та екологічних показників горіння при порційній подачі палива з періодичністю завантаження від 1 до 30%, що характерна для механічних топків.

Виявлено вплив на швидкість горіння різних факторів, в тому числі недостатньо вивчених раніше: надміру повітря і розміру часток палива, а також залежність концентрації шкідливих викидів в димових газах, зокрема CO і NO₂ від режимних параметрів та виду палива. Дослідні дані по горінню коксу в шарі (рис.3) узагальнені критеріальною залежністю

$$Nu_D = 0.37 Pe_D^{0.25} 10^{0.25} \sqrt{(lg Pe_D - 1.22)^2 + 0.001}, \quad (5)$$

$$\text{де } Nu_D = K_s^{\xi} d_{\text{сер}} / C_{\text{осер}} D, \quad Pe_D = W_l d_{\text{сер}} / D. \quad (6)$$

При цьому враховано дані Предводителева О.С., що при низьких Pe_D Nu_D постійний і рівний 0.75. Апроксимація цієї залежності по частинам дає більш прості формули для розрахунку питомої швидкості горіння коксу в шарі:

$$\text{при } Pe_D < 17 \quad K_s^{\xi} = 0.75 C_{\text{осер}} D / d_{\text{сер}}, \quad (7)$$

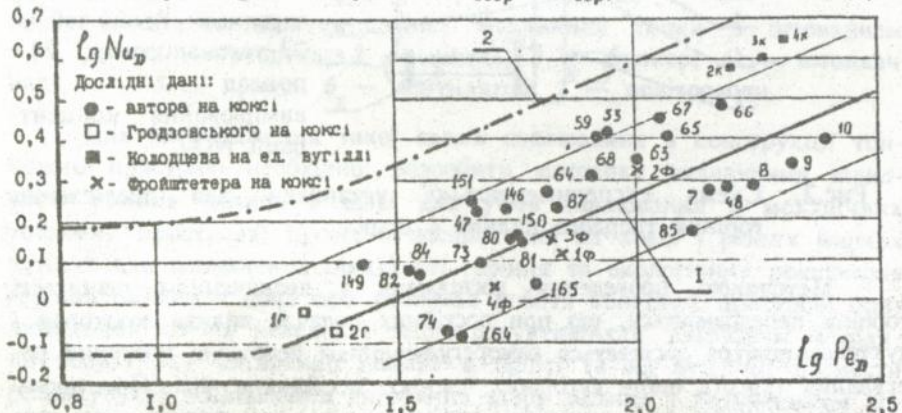


Рис.3. Швидкість горіння коксу в шарі при стаціонарному режимі: 1 — крива по формулі (5) для горіння коксу в шарі; 2 — крива по формулі (1) для горіння одиноких часток.

$$\text{при } 17 < \text{Re}_D < 320 \quad K_3^c = 0.185 C_{\text{осер}} D \text{Re}_D^{0.5} / d_{\text{сер}}. \quad (8)$$

Показник ступеня 0.5 при Re_D підтверджується даними горіння одиноких часток, а також аналогією Рейнольдса з урахуванням даних Фройштетера Г.Б. щодо аеродинамічного опору шару. Інтенсивність горіння в шарі в порівнянні з одинокими частками нижча приблизно вдвічі. Подібне явище спостерігається при теплообміні тісних трубних пучків, що зв'язане з виключенням частини поверхні труб з процесу реагування.

Встановлено вплив різних факторів на швидкість горіння коксу (рис.4).

Надмір повітря впливає на швидкість горіння неоднозначно: через концентрацію кисню — при збільшенні надміру повітря спостерігається збільшення швидкості горіння, а далі через охолодження

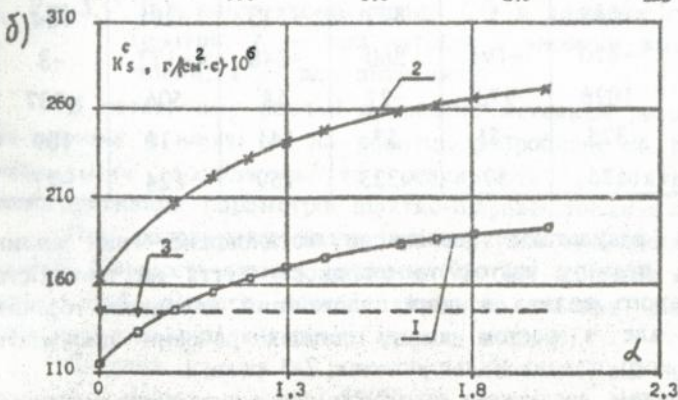
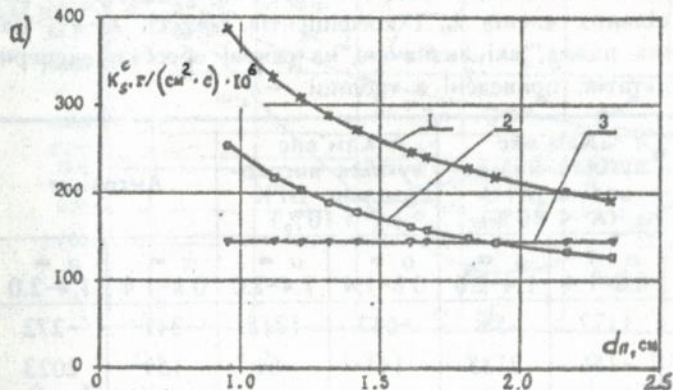


Рис.4. Вплив на швидкість горіння коксу в шарі розміру часток (а), надміру повітря (б): 1, 2 — по даним автора; 3 — по даним Фройштетера Г.Б.

шару — при $\alpha > 2$ швидкість горіння різко знижується, процес стає нестабільним і може припинитися. Зі збільшенням розміру часток питома швидкість горіння знижується в ступені 0.5. З підвищенням швидкості дуття питома швидкість горіння зростає в ступені 0.5 (що характерно для дифузійної області горіння при топкових температурах) на відміну від даних Вулліса Л.А. і Фройштетера Г.Б., для яких відмічається лінійна залежність.

Дослідні дані по спалюванню в шарі натуральних палив (антрациту, низькозольного і високозольного кам'яного вугілля, буровугільних брикетів) узагальнені в розмірних координатах по методу трьохфакторного експерименту. В загальному вигляді рівняння для питомої швидкості горіння натурального палива в шарі має вигляд

$$K_s^n = k_0 + k_1 W + k_2 \alpha + k_3 d_n + k_{12} W \alpha + k_{13} W d_n + k_{23} \alpha d_n. \quad (9)$$

Величини вільних членів k_0 і коефіцієнтів регресії k_1 – k_{23} для різних натуральних палив, які визначені на основі обробки експериментальних результатів, приведені в таблиці.

№ п/п	Коефіцієнт	Кам'яне вугілля низькозольне ДГО ($A^c < 10\%$)		Кам'яне вугілля високозольне ДГК ($A^c > 10\%$)		Антрацит	
		$\alpha = 0.8-1.4$	$\alpha = 1.4-2.0$	$\alpha = 0.8-1.4$	$\alpha = 1.4-2.0$	$\alpha = 0.8-1.4$	$\alpha = 1.4-2.0$
1	k_0	1177	58	-687	1215	347	-272
2	k_1	-156	3135	141	-81	159	2023
3	k_2	-688	5	822	-513	-291	184
4	k_3	-470	-194	360	-340	-177	-3
5	k_{12}	1026	973	-27	54	506	-937
6	k_{13}	325	-51	57	141	-10	109
7	k_{23}	175	59	-323	159	124	-27

З аналізу результатів досліджень встановлено, що вплив надміру повітря, розміру часток та швидкості дуття на швидкість горіння натурального палива в шарі аналогічний випадковій горіння коксу в шарі, але з ростом вмісту летких речовин швидкість горіння натурального палива збільшується в 2-3 рази.

По результатам досліджень екологічних показників встановлено: основну долю серед шкідливих газових викидів опалювальних котлів займають оксиди вуглецю і азоту; рівень шкідливих концент-

рацій при механічній подачі палива значно нижчий ніж в ручних топках; при збільшенні надміру повітря до оптимального значення концентрація CO знижується (рис.5); вміст оксидів азоту змінюється в залежності від надміру повітря немонотонно, але загальний рівень концентрацій NO₂ не перевищує нормативних значень; разом з тим топки з періодичною порційною подачею при спалюванні палив з великим вмістом летких речовин (ручні та механічні) не забезпечують сучасних нормативних вимог по екологічним показникам; для зниження концентрацій шкідливих речовин в димових газах необхідно вводити додаткові заходи: безперервну гравітаційну подачу палива з допалюванням продуктів згоряння за рахунок вторинного повітря.

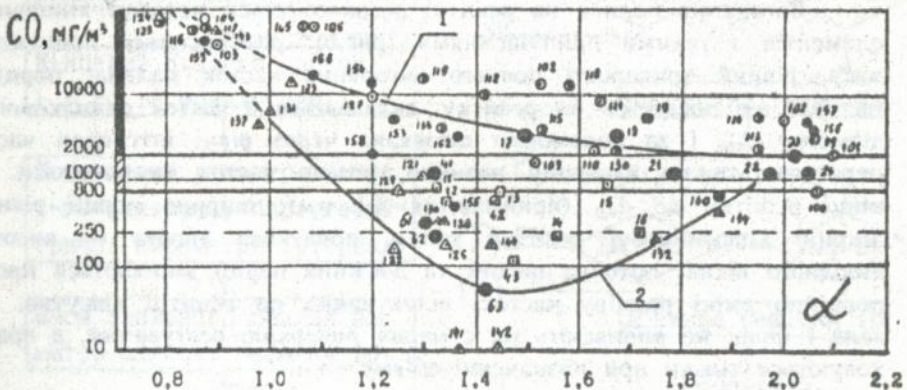


Рис.5. Залежність концентрації CO в димових газах від надміру повітря: 1 — для вугілля з високим вмістом летких речовин; 2 — для антрацити.

В четвертому розділі приведено методики розрахунку вигоряння палива в шахті та на решітці, розроблені на підставі експериментальних досліджень та результатів розрахункового аналізу конструктивних параметрів шахтно-шарової топki з штовхачем.

При розрахунку шахти враховується виділення вологи і переважної більшості летких речовин (95 %), а також приймається, що початковий діаметр часток вихідного палива зменшується пропорційно кількості вигорілого палива в шахті.

Витрата палива в шахті в залежності від навантаження на топковий фронт складає 55-70 % загальної витрати палива, коефіцієнт надміру повітря — близько 0,8. Висота зони рсагування часток в шахті:

$$H_{\text{зш}} = S_{\text{шх}} d_{\text{сер}}^{\text{шх}} / 6m F_{\text{шх}}, \quad (10)$$

де $S_{\text{шх}} = B_{\text{шх}} / K_{\text{ш}}^{\text{ш}}$ — поверхня реагування часток, см^2 ;

$d_{\text{сер}}^{\text{шх}} = (d_{\text{п}} + d_{\text{пр}}) / 2$ — середній розмір часток, см ;

$K_{\text{ш}}^{\text{ш}}$ — питома швидкість горіння палива, $\text{г}/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$, що визначається за формулою (9).

Конструктивна висота шахти приймається по максимальній розрахунковій висоті зони реагування часток для низькорсакційного вугілля (антрациту). Величина активної поверхні реагування палива в шахті в залежності від виду палива задається зміною співвідношення тиску повітря на вході в шахту і розрідження в камері згорання (патент 2038533 Російської Федерації).

Вигорання палива на решітці розраховується методом кінцевих елементів з такими припущеннями (рис.6): розглядається проміжок часу, рівний тривалості повного вигорання часток палива; порція палива, що подається на решітку, складається з часток однакового діаметру $d_{\text{пр}}$ і за допомогою штовхача через рівні інтервали часу пересувається на наступну позицію, розмір часток зменшується в кінці решітки до $d_{\text{кр}}$ (приймається 1 мм); ширина порції рівна ширині колосникової решітки топки, початкова висота — висоті вихідного вікна, поточна висота та довжина порції змінюються пропорційно зміні розміру часток; шлакування на решітці відсутнє, а зола і шлак не впливають на сумарну поверхню реагування, а враховуються тільки при визначенні об'єму.

Розрахунок вважається закінченим, коли зведено витрати палива по матеріальному балансу і масообміну по окремим інтервалам і решітці в цілому.

Основні розрахункові формули.

Витрата палива за інтервал:

— по матеріальному балансу $B_{6i} = \frac{\pi}{6} n_{\text{ч}} \rho_{\text{ч}} (d_{\text{пр}}^3 i - d_{\text{кр}}^3 i) / \pi$, (11)

— по масообміну $B_{\text{м}i} = K_{\text{ш}i}^{\text{ш}} S_i$. (12)

Швидкість горіння $K_{\text{ш}i}^{\text{ш}}$ визначається за формулами (5–8).

Витрата палива на решітці $B_{\text{мр}} = \sum_i B_{\text{м}i}$, (13)

довжина решітки $l_{\text{р}} = \sum_i l_i$. (14)

На підставі розрахункових досліджень визначено режимні та конструктивні параметри для трьох варіантів роботи решітки. Зроблено висновок про доцільність спалювання різних марок палива при постійних висоті вікна, довжині решітки та змінних надмірах

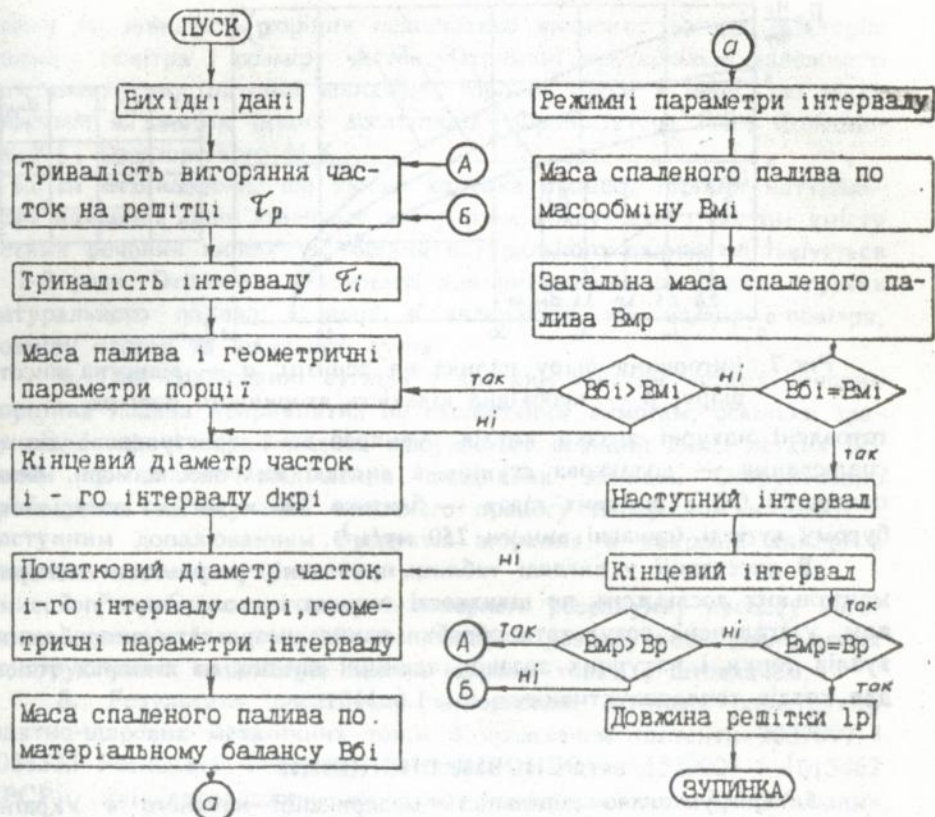


Рис.6. Блок-схема алгоритму методики розрахунку вигорання палива на решітці.

повітря (рис.7). Загальний баланс повітря досягається за рахунок вторинного дуття.

В п'ятому розділі приведено результати впровадження шахтно-шарової механічної топки з штовхачем, відпрацювання елементів топки, випробування її роботи та освоєння виробництва.

Балансові теплотехнічні випробування топок в складі сталених та чавунних котлів на різномірних паливах (розмір часток 0–50 мм, зольність 7.4–35.5 %, вміст летких речовин 3.5–50.3 %) підтвердили її універсальність по паливу, високі теплотехнічні та екологічні показники. Основні результати: ККД = 81–85 %, $\alpha = 1.35$ –1.45, CO = 250–800 мг/м³, NO₂ = 220–300 мг/м³ (для кам'яного вугілля); ККД = 78 %, $\alpha = 1.8$, CO = 1800 мг/м³ (для бурого вугілля). Ви-

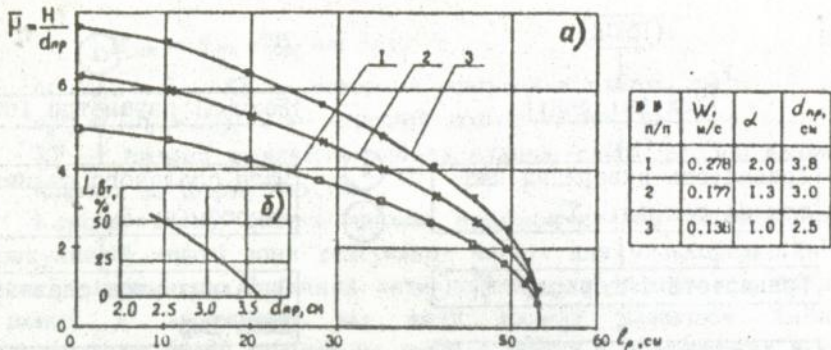


Рис.7. Вигоряння шару палива на решітці: а — відносна висота шару; б — необхідна кількість вторинного повітря.

готовлені натурні зразки котлів і випробувана триступенева схема спалювання — додаткова ступінь в вигляді вихрової камери. Концентрація CO в димових газах — близько 200 мг/м^3 на азейському бурому вугіллі (сучасні вимоги 250 мг/м^3).

В дисертації у вигляді таблиць приведені результати експериментальних досліджень по швидкості горіння і екологічним показникам, узагальнені результати обробки даних, результати випробувань вузлів топки і натурних зразків, технічні вимоги на типоряд топко для котлів теплопродуктивністю 0.1–1.6 МВт.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

1. Обґрунтовано доцільність модернізації наявного в Україні парку котлів теплопродуктивністю до 1 МВт з ручними топками за рахунок механізованого спалювання вугілля з метою забезпечення сучасних екологічних показників.

2. Визначено, що для ефективного і екологічно чистого спалювання вугілля різних марок, в тому числі низькосортного, найбільш прийнятна шахтно-шарова схема спалювання з механічною дією штовхача на шар палива.

3. Розроблено методику визначення швидкості горіння твердого палива в шарі (А. с. 1746307 СРСР, патент 6777 України). Завдяки веденню процесу з заделегідь обумовленими витратами палива й повітря саморегулюванням досягається необхідна поверхня реагування, що дає можливість безпосередньо визначати швидкість горіння в шарі.

4. Дослідження швидкості горіння коксу в шарі в діапазоні швидкостей дуття від 0.2 до 0.4 м/с, коефіцієнтів надміру повітря від 0.8 до 2.0 і розмірів часток від 7 до 50 мм дозволили виявити

вплив на швидкість горіння недостатньо вивчених раніше факторів: надміру повітря і розміру часток. Отримані критеріальні залежності для визначення питомої швидкості горіння коксу в шарі, що корелюються з даними інших дослідників (Фройштетера Г.Б., Колодцева Х.І., Гродзовського М.К.).

5. Встановлено, що якісна картина процесу горіння натурального палива в шарі співпадає з горінням коксу, але з ростом вмісту летких речовин швидкість горіння натурального палива збільшується в 2-3 рази. Отримано залежності для визначення швидкості горіння натурального палива в шарі в залежності від надміру повітря, розміру часток та швидкості дуття.

6. При спалюванні вугілля з високим вмістом летких речовин порційна подача неприйнятна по екологічним вимогам, оскільки зразу після подачі порції палива відбувається великий вихід летких речовин та значне збільшення шкідливих викидів. Обгрунтовано необхідність застосування поточного процесу газифікації в шахті з наступним допалюванням продуктів згоряння в вихровій камері з подачею вторинного дуття.

7. Розроблено методику інженерного розрахунку процесу вигорання палива і проведені комп'ютерні розрахункові дослідження конструктивних параметрів шахтно-шарової топки з штовхачем.

8. Результати досліджень використані в новій конструкції шахтно-шарових механічних топок з штовхачем (патенти 2037097 і 2038533 Російської Федерації, авторські свідоцтва 1529007 і 1615462 СРСР), які впроваджені на трьох підприємствах. Випробування дослідних зразків таких топок підтвердили методику розрахунку і ефективну роботу їх на різних марках вугілля.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Сенчук М.П., Макаров А.С. Особливості використання твердого палива в системах теплопостачання малих населених пунктів та фермерських господарств // Экотехнологии и ресурсосбережение. -1996.-Киев.: НАН України.-№ 5-6.-С.12-15.

2. Макаров А.С., Сенчук М.П. и др. Водогрейные котлы для передвижных котельных установок // Водоснабжение и санитарная техника. -1990.-М.: Издательство литературы по строительству.-№ 4-С.12-14.

3. Макаров А.С., Сенчук М.П. Топочное устройство для шахтно-слоевого сжигания сортированных и рядовых каменных уг-

лей // Строительные материалы, изделия и санитарная техника.-1990.-Киев: Будівельник.-Вып.13.-С.59-61.

4. Макаров А.С., Сенчук М.П. Исследование работы дожигающей колосниковой решетки шахтно-слоевой механической топки // Промышленность отопительного и санитарно-технического оборудования.-1992.-М.-К.: ВНИИЭСМ, ГНИИСТ.-Серия 10.-С.3-11.

5. Пат. 6777 Україна, МКл G 01 N 33/22. Спосіб визначення швидкості горіння твердого палива у шарі на спеціальному стенді/ А.С.Макаров, М.П.Сенчук//Відкриття і винаходи.-1994.-№ 8-1.

6. Пат. 2037097 Российская Федерация, МКИ F 23B 1/36. Топка.-А.С.Макаров, М.П.Сенчук // Открытия. Изобрет.-1995. -№. 16.

7. Пат. 2038533 Российская Федерация, МКИ F 23B 1/36. Топка/А.С.Макаров, М.П.Сенчук // Открытия. Изобрет.-1995.-№ 18.

8. А.с. 1529007 СССР, МКИ F 23B 1/36. Топка/А.С.Макаров, М.П.Сенчук, Л.Г.Козлова // Открытия. Изобрет.-1989.-№46.-С.143.

9. А.с. 1615462 СССР, МКИ F 23B 1/36. Топка/А.С.Макаров, М.П.Сенчук, Л.И.Ковалик // Открытия. Изобрет.-1990.-№47.-С.146.

10. Макаров А.С., Сенчук М.П. Исследование скорости горения твердого топлива в слое // Тезисы X Всесоюзного симпозиума по горению и взрыву, 14-19 сентября 1992 г. Горение. - Черноголовка: Российская АН, 1992.-С.196-197.

11. Сенчук М.П., Макаров А.С. Результаты исследований скорости горения твердого топлива в слое // Тезисы XI симпозиума по горению и взрыву, 18-22 ноября 1996 г. - Черноголовка: Российская АН, 1996.-Т.1, ч.2.-С.295-299.

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ ТА ІНДЕКСИ

A^c -- зольність сухої маси палива; B — розрахункова витрата палива, г/с; B_6, B_m — витрата палива, розрахована відповідно по матеріальному балансу і по масообміну, г/с; $b_{шх}$ — доля витрати палива в шахті, %; C^p — вміст вуглецю в робочій масі палива, %; CO, NO_2 — концентрація відповідно оксиду вуглецю і діоксиду азоту, %; $C_{сер}$ — середня молярна концентрація кисню в шарі, г/см³; D — коефіцієнт дифузії, см²/с; d_6, d_m — діаметр часток палива у фракції відповідно найбільший і найменший, см; d_n, d_k — початковий і кінцевий діаметри час-

ток, см; $d_{\text{сер}}$ — середній діаметр часток, см; $F_{\text{шх}}$ — площа перерізу шахти, см^2 ; G — питоме навантаження решітки, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$; $H_0 = 12000$ — критерій гомохронності; $h_{\text{ш}}$ — висота шару палива, см; $H_{\text{зш}}$ — висота зони реагування часток в шахті, см; $H_{\text{в}}$ — висота вікна на вході решітки, см; $H_{\text{в}}$ — відносна висота вікна; K_{SL} , K_s^c , K_s^p — питома швидкість горіння, відповідно віднесена до поверхні часток на одиницю витрати повітря, $\text{г}/(\text{см}^2 \cdot \text{нм}^3)$, та до поверхні часток на одиницю часу для коксу і натурального палива, $\text{г}/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$; L^* — відносна витрата повітря, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$; $L_{\text{вт}}$ — витрата вторинного повітря, $\text{м}^3/\text{год}$; l — довжина, см; $M_{\text{ф}}$ — загальна маса часток палива у фракції, г; $M_{\text{сер}}$ — середня маса однієї частки палива даної фракції, г; m — порізність шару; $n_{\text{ф}}$ — кількість фракцій часток палива, шт; $n_{\text{ч}}$ — кількість часток в порції, шт; $\rho_{\text{ч}}$ — щільність часток, $\text{г}/\text{см}^3$; S — поверхня часток, см^2 ; τ — тривалість вигоряння, с; W , W_t — швидкість дуття відповідно при нормальних умовах і приведена, $\text{м}/\text{с}$; δ , ξ — коефіцієнти, що визначаються режимними умовами і співвідношенням оксиду і діоксиду вуглецю; α — коефіцієнт надміру повітря;

$N_{\text{Д}}$, $P_{\text{Е}}$ — дифузійні критерії Нуссельта і Пекле; i — інтервал; ККД — коефіцієнт корисної дії котла; повн — повна; p — решітка; шх — шахта.

РЕЗЮМЕ

Сенчук М.П. Повышение эффективности использования твердого топлива в теплогенераторах для систем теплоснабжения.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.03 — Вентиляция, освещение и теплогазоснабжение. Киевский государственный технический университет строительства и архитектуры. Киев, 1997 г.

Работа посвящена вопросу механизированного сжигания разных марок углей с обеспечением современных экологических требований. Создана методика определения скорости горения топлива в слое, проведены экспериментальные исследования и получены зависимости для расчета скорости горения кокса и натуральных топлив, разработана методика инженерного расчета процесса выгорания топлива в шахтно-слоевой топке и проведены компьютерные расчетные исследования ее конструктивных параметров. На основании результатов исследований разработана новая конструкция шахтно-слоевой

механической топки с толкателем, универсальная по эффективному и экологически чистому сжиганию разных углей.

Ключевые слова: шахтно-слоевая топка с толкателем, котел, уголь, процесс горения, методика, теплоснабжение.

ABSTRACT

Senchuk M.P. Increasing of the efficiency of the solid fuel usage in heat generators for the heat supply systems.

This thesis is submitted for the Candidate of technical science degree, on speciality 05.23.03 — Ventilation, lighting and heat-gas supply. The Kiev State Technical University of building and architecture. Kiev, 1997.

The work is dedicated to the question of the mechanized burning of different types of coal with the ensurance of modern ecological demands. The method of the definition of the velocity of burning in the layer was created, the experimental research was carried out and the relationships useful in the calculation of the velocity of burning of coke and natural fuel were established. An engineer calculation method of the process of burning out of fuel in the shaft grate-fired furnace was created and the computer-based research of its constructive parameters were conducted. On the basis of the research findings the new construction of the mechanized grate-fired furnace with pusher was designed which is universal in terms of efficient and ecologically safe burning of different coal.

Key words: shaft grate-fired furnace with pusher, boiler, coal, process of burning, method, heat supply.

Формат 60x84/16.

Друк офсетний. Папір офсетний.

Тираж 100 прим.

Друк. ВОД ІЕЗ.

433689

AB 38.456