

Мисак С. Й.

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА ПРОГРАМИ РОЗРАХУНКУ ПРОДУКТИВНОСТІ ПИЛОСИСТЕМ КОТЛІВ ТП-92

Розроблено алгоритм та програму розрахунку сушильної та розмелювальної продуктивності пилосистеми котлів ТП-92 енергоблоків 150 МВт в залежності від якості палива та готовності пилосистеми.

За допомогою програми можна додатково визначити параметри пилосистеми, провести аналіз впливу окремих характеристик палива та стану пилосистеми на сушильну та розмелювальну їх продуктивність.

Ключові слова: пилувугільний котел ТП-92, млин 6М75U, програма розрахунку продуктивності пилосистеми.

1. Вступ

Основним видом енергетичного палива, що спалюється на теплових електричних станціях України є вугілля. Для ефективного його спалювання потрібно вугілля підготувати, а точніше перетворити його в вугільний пил з відповідною тоненою помолу та вологістю.

У відповідності з [1] різні марки вугілля характеризуються різними показниками зольності A^P та вологістю W^P на робочу масу. Чим більші ці показники тим менша загальна теплотворна здатність Q_n^P вугілля.

Для розмелювання вугілля використовують млини різного типу. Широке розповсюдження на ТЕС України набули кульові вентилязовані млини, зокрема на котлах ТП-92 енергоблоків 150 МВт Добротвірської ТЕС встановлені млини типу 6М75U пилосистем з прямим вдуванням пилу в паливну котла.

Ефективна робота цих млинів при подачі в них палив різної якості є важливою складовою економічної роботи котлів та енергоблоків в цілому.

В даній публікації розглянуті питання сушильної та розмелювальної продуктивності млинів, а також створення алгоритму та програми їх розрахунку при подачі вугілля різної теплотворної здатності.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Для спалювання вугільного палива в паливних енергетичних котлів незалежно від способу спалювання потрібно його підсушити та розмолоти до відповідної тонини [1–3]. Як показано в [4] перспективами розвитку паливної бази теплової енергетики в Україні остається вугілля з українських вугільних шахт. В той же час у вугільній теплоенергетиці України широкого впровадження набувають технології спалювання твердих палив в киплячому шарі [5–7]. Такі технології спрямовані на вирішення двох основних проблем – ефективного використання енергії палива та зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище [8–10].

Проте в енергетиці України остаються ще енергоблоки з пилувугільними котлами, що практично відпрацювали

свій технічний ресурс з факельним спалюванням вугільного пилу. При такій ситуації важливим фактором є оптимальна підготовка вугільного пилу, особливо при надходженні на ТЕС палив з різною технічною характеристикою [11].

Розмелювання вугілля в кульових вентилязованих млинах відбувається одночасно із сушінням вугільного продукту. Враховуючи це робоча продуктивність млина може обмежуватися розмелювальною або сушильною продуктивністю.

Розмелювальна продуктивність залежить від комплексу конструктивних та режимних факторів, зокрема присмоктів повітря в пилосистему, своєчасних ремонтних робіт, що направлені на доведення готовності пилосистеми до проектних показників і т. д.

Сушильна продуктивність визначається частиною тепла сушильного агента, яка витрачається безпосередньо на сушіння млинового продукту в млині, а решта тепла сушильного агента витрачається для підтримання теплового стану тракту пилосистеми, який потрібний для надійного транспортування в паливну котла вугільного пилу.

Очевидно, що чим більша технічна готовність пилосистеми, що відповідає зазначеним величинам, тим менше потрібно теплової енергії на розмелювання та транспортування вугільного пилу.

Кількість теплової енергії сушильного агента у млині оцінюють за величиною температури аеросуміші після млина. При цьому сушильна продуктивність знижується у випадку збільшення вологості вугілля та незадовільному технічному стану пилосистем, а саме, коли завишені присмоктки повітря зверх нормативного значення, зменшена щільність пилувугільного тракту, погіршений тепловий захист устаткування і т. д.

Враховуючи вищезгадану проблему була поставлена задача розробити та впровадити програму розрахунку сушильної та розмелювальної продуктивності млинів типу 6М75U пилосистеми котлів ТП-92 енергоблоків 150 МВт, що дасть можливість оперативно визначити їх реальну пилородуктивність та чинники, які впливають на її величину, що дасть можливість підвищити ефективність роботи пилосистеми котлів та енергоблоків в цілому.

3. Коротка характеристика устаткування котла ТП-92 та систем пилосистеми

Котел ТП-92 розрахований для роботи в блоці з турбогенератором потужністю 150 МВт. Котел пилувугільний з твердим жухелевідведенням, однобарабаний з природною циркуляцією, вторинним перегрівом пари, з однією конвективною шахтою і одноступеневим трубчатим повітропідігрівником. Паливня котла розділена двосвітним екраном на дві половини (пів паливні). На фронтних та задніх стінах у кутах кожної пів паливні на висоті 14 м встановлені прямококові пилогазові пальники з розсікачами пилоповітряної суміші. Завдяки кутовому розміщенню пальників в центрі кожної півпаливні створюється ядро факела. Пальники являють собою блоки, які складаються з чотирьох каналів вторинного повітря і трьох каналів пилоповітряної суміші з розсікачами. У кожній пів паливні знаходиться чотири блоки пальників. Загальна кількість каналів аеросуміші дорівнює 24, вторинного повітря 32.

Природний газ подається в паливню газовими ріжками, при потребі, які розміщені в каналах вторинного повітря.

Жухелевідведення на котлі безперервне. Проектна потужність кожного блоку по твердому паливу становить 9,6 т/год (при $Q_n^p = 4950$ ккал/кг). Годинна розрахункова витрата твердого палива при вищезазначеній теплотворній здатності становить 77,3 т, ККД – 91,78 %.

На котлі встановлено шість середньоходових кільцево-кульових млинів типу 6М75У польського виробництва. Діаметр молоткових куль 750 мм, кількість – 6 шт. Млини знаходяться під тиском повітря млинових вентиляторів (МВ). Максимальна проектна продуктивність млина 17 т/год, мінімальна – 9 т/год палива. Задана характеристика вугілля $A^p = 33,3$ %, $W^p = 12$ %, максимально допустима температура гарячого повітря 350 °С, а фактична температура гарячого повітря перед млином знаходиться в діапазоні 200–230 °С.

Діапазон температур аеросуміші на виході із млина 70–100 °С, робочий опір млина 4–8 кПа.

Потужність приводу млина 160 кВт. Продуктивність МВ – 16,5 м³/с, потужність приводу 231 кВт, число обертів – 49,4 сек⁻¹, напір – 1340 кг/м².

Живильники сирого вугілля (ЖСВ) мають мінімальну продуктивність 10 т/год, максимальну 16–19 т/год.

За проектом пилосистему розраховано для розмелювання кам'яного вугілля марки Г Львівсько-Волинського родовища з характеристиками: нижча теплота згоряння = 5000 ккал/кг; зольність на робочу масу $A^p = 22,8$ %; вологість на робочу масу $W^p = 10,5$ %; вихід летких речовин $V^p = 38,5$ %.

В пальники котла має подаватися готовий пил з тонкістю помолу $R_{90} = 25$ % і вологістю $W_{п} = 1,5$ %.

4. Розробка схеми-методики та складання алгоритму для розрахунку розмелювальної та сушильної продуктивності пилосистеми котла

Основними завданнями при розрахунку розмелювальної та сушильної продуктивності пилосистеми з млинами 6М75У були визначення наступних показників роботи пилосистем: витрати сушильного агента з котла (гарячого повітря після повітропідігрівника); витрати сушильного агента перед млиновим вентилятором; робочої та гігроскопічної вологості вугілля та вугільного пилу; технічної характеристики сирого вугілля.

Визначення витрати електроенергії на розмелювання твердого палива та транспорт вугільного пилу. Алгоритм розрахунку наведений на рис. 1.

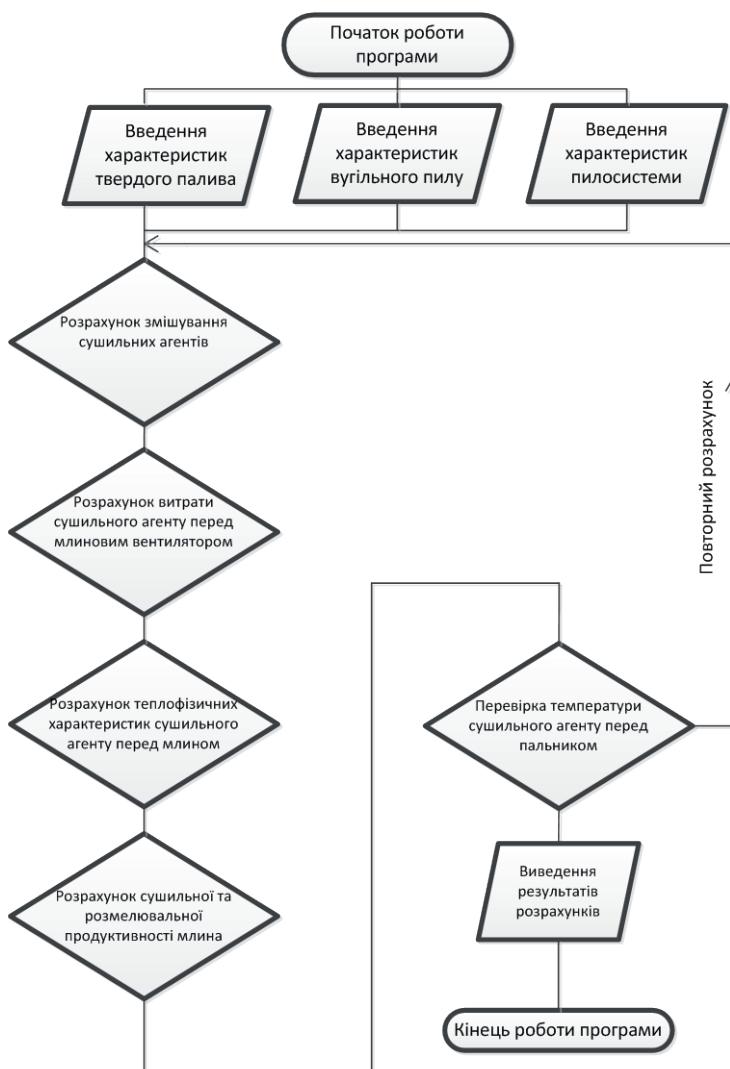


Рис. 1. Алгоритм розрахунку продуктивності пилосистеми котла ТП-92 з млином 6М75У енергоблоку 150 МВт

5. Реалізація програми розрахунку розмелювальної та сушильної продуктивності пилосистеми котла ТП-92 з млинами 6М75У

Для визначення найбільш характерних режимів роботи пилосистеми були вибрані характерні впродовж

п'яти років характеристики вугілля у трьох варіантах табл. 1.

Таблиця 1

Варіанти характеристики вугілля

№ п/п	Величини	Розмірність	Варіанти		
			1	2	3
1	Калорійність, Q_n^p	ккал/кг	4570	4300	4560
2	Зольність, A^p	%	26,9	28,3	23,91
3	Вологість, W^p	%	12,5	12,5	14,0
4	Вміст вуглецю, C^p	%	47,67	44,8	48,1
5	Вміст сірки, S^p	%	3,0	3,0	3,0
6	Вміст водню, H^p	%	3,45	3,45	3,45
7	Вміст азоту, N^p	%	1,0	1,0	1,0
8	Вміст кисню, O^p	%	5,48	6,95	6,25

Стартова витрата гарячого повітря підбиралася програмою для забезпечення витрати через млиновий вентилятор в кількості 29500 $\text{м}^3/\text{год}$ при температурі 230 °С, а в випадку, якщо сушильна продуктивність пилосистеми більша ніж розмелювальна, то підбирається витрата повітря до досягнення відповідності (рівності) розмелювальної та сушильної продуктивності.

Витрата повітря на заходження в трубопровід перед млиновим вентилятором становила 50 $\text{м}^3/\text{год}$., а температура повітря на заходження перед млиновим вентилятором находилася на рівні 160 °С. Коефіцієнт

розмелюватності вугілля (Кло) приймався на рівні 1, 2. Якість розмелювання у всіх розрахунках приймалася у відповідності до виду палива і становила в даному випадку $R_{90} = 25\%$, а $R_{200} = 6\%$. Розмір сирого вугілля по залишку на ситі 5 x 5 мм приймався $R_5 = 30\%$.

Температура сушильного агента перед пальниками приймалася 80 °С, при цьому температура після млина згідно з рекомендаціями [3] приймалася на 5 °С вищою (врахування втрат теплової енергії в коробах).

Вологість готового пилу у всіх варіантах розрахунку приймалася $W_n = 1,5\%$. Температури після змішування сушильного агента з іншими потоками окремих елементів тракту пилосистеми розраховувалися на базі теплового балансу потоків.

Сушильна продуктивність млина визначалася по тепловому балансу всіх потоків: сушильного агента на вході в млин та на його виході, присмоктів повітря, повітря на пневмовідсікач, рециркуляції сушильного агента, сирого вугілля та вугільного пилу.

Електрична потужність електроприводу млинового вентилятора визначалася при фактичній витраті сушильного агента через нього та введених користувачем тиску на всмокть млинового вентилятора і тиску сушильного агента перед пальниками. При визначенні питомої витрати електроенергії на розмелювання сирого вугілля приймалося, що тільки половина витрати електроенергії млинового вентилятора витрачається на дуття в схемах при прямому вдуванні пилу.

В табл. 2 наведені розрахунки розмелювальної продуктивності пилосистеми з врахуванням сушильної її продуктивності, режимних та конструктивних факторів. Для розрахунку прийняті варіативні характеристики вугілля у відповідності з табл. 1.

Таблиця 2

Приклади розрахунку розмелювальної продуктивності пилосистеми котла ТП-92 з млинами типу 6М75U

№ п/п	Найменування	Розмірність	Варіанти		
			I	II	III
1	Середньоходовий кільцево-кульковий млин 6М75U	—	—	—	—
2	Пилосистема прямого вдування	—	—	—	—
3	Калорійність сирого вугілля	ккал/кг	4570	4300	4560
4	Вологість сирого вугілля	%	12,5	12,5	14,0
5	Зольність сирого вугілля	%	26,9	28,3	23,9
6	Витрата гарячого повітря на підсушування продукту	$\text{м}^3/\text{год}$	29500,0	29500,0	29500,0
7	Температура гарячого повітря на підсушування продукту	°С	230,0	230,0	230,0
8	Витрата холодного повітря на заходження в трубопровід до МВ	$\text{м}^3/\text{год}$	50,0	50,0	50,0
9	Тиск перед млиновим вентилятором	мм вод. ст.	50,0	50,0	50,0
10	Температура сушильного агента перед МВ	°С	229,6	229,6	230,0
11	Температура сушильного агента перед млином	°С	237,7	237,7	237,7
12	Витрата сушильного агента на пальники	$\text{м}^3/\text{год}$	32115,8	32115,8	32115,8
13	Тиск сушильного агента перед пальниками	мм вод ст.	444,0	444,0	444,0
14	Розмелювальна продуктивність пилосистем по сирому вугіллю	т/год	28,28	25,28	28,68
15	Сушильна продуктивність пилосистеми по сирому вугіллю	т/год	18,47	18,47	16,62
16	Сушильна продуктивність пилосистеми по вугільному пилу	т/год	16,40	16,40	14,51
17	Потужність приводу млина	кВт	160,00	160,00	160,00
18	Потужність приводу млинового вентилятора	кВт	172,72	172,72	172,72
19	Питома витрата електроенергії на розмелювання сирого вугілля	$\text{кВт}^*\text{год}/\text{т н.п.}$	17,58	17,58	19,53

7. Висновки

1. Використання на теплових електростанціях вугілля з непроєктованими технічними характеристиками приводить до зниження пилопродуктивності пилосистеми з кульовими вентиляторами млинами із-за обмежень, що виникають по сушильній або розмелювальній їх пилопродуктивності.

2. Розроблений алгоритм та програма розрахунку сушильної та розмелювальної продуктивності пилосистем з млинами 6М75U котлів ТП-92 енергоблоків 150 МВт дозволяє проводити розрахунки пилосистем в залежності від якості палива та готовності пилосистем.

3. За допомогою програми можна додатково визначити параметри, замір яких в пилосистемі неможливий або недостовірний, провести аналіз впливу окремих характеристик палива та стану пилосистеми на сушильну та розмелювальну їх продуктивність, а також вплив окремих характеристик роботи пилосистеми на питомі витрати електроенергії для приготування пилу.

Література

1. Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила (ГКД 34.20.507-2003) [Текст]. — К.: ОНЕ, «ГРІФРЕ», 2003. — 597 с.
2. Левит, Г. Т. Испытания пылеприготовительных установок [Текст] / Г. Т. Левит. — М.: Энергия, 1977. — 185 с.
3. Кузнецов, Н. В. Тепловой расчет котельный агрегатов (нормативный метод) [Текст] / под ред. Н. В. Кузнецова. — М.: Энергия, 1973. — 295 с.
4. Чернявський, М. В. Сучасний стан та перспективи розвитку паливної бази теплової енергетики України [Текст] / М. В. Чернявський // Перспективи впровадження частих вугільних енерготехнологій в енергетику України. — Київ: ІВЕ НАН України, ТОВ «Гнозіс», 2013. — С. 75–130.
5. Belin, F. CFB combustion of High-Ash Ukrainian Anthracite-pilot testing and Design Implications [Text] / F. Belin, T. Fuller, A. Maystrenko et al. // Proc. of 14-th Intern. Fluidized Bed Combustion Conf. — Vancouver (Canada), 1997. — V. 2. — P. 789–794.
6. Чернявський, Н. В. Направления утилизации углерода золотвалов пылеугольных ТЭС [Текст] / Н. В. Чернявський, А. В. Косячков, А. И. Росколуца // Современная наука. — 2010. — № 1(3). — С. 35–37.
7. Корчевой, Ю. П. Закономерности сжигания высокозольных углей в разных модификациях кипящего слоя [Текст] / Ю. П. Корчевой, А. Ю. Майстренко, А. И. Топал // Горение и плазмохимия. — Алма-Ата, 2006. — Т. 4, № 3. — С. 180–186.
8. Jaasund, S. A. Electrostatic Precipitator: Better Wet than Dry [Text] / S. A. Jaasund // Chemical Engineering. — 1987. — Vol. 94, No. 17. — P. 159–163.
9. Glarborg, P. Fuel nitrogen conversion in solid fuel fired systems [Text] / P. Glarborg // Progress in Energy and Combustion Science. — 2003. — Vol. 29, № 2. — P. 89–113. doi:10.1016/s0360-1285(02)00031-x
10. Korchevoy, Y. P. Recommendations for design of CFB boilers [Text] / Y. P. Korchevoy, O. Y. Maystrenko, O. M. Dudnik // STCU Tehnical Report for the 23 Stage of the Project 2248. — December 2004. — Т. 14. — 8 p.
11. Омеляновський, П. Й. Теплова енергетика. Нові виклики часу [Текст] / за ред. П. Й. Омеляновського, Й. С. Мисака. — Львів: НВФ «Українські технології», 2010 — 688 с.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА И ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПЫЛЕСИСТЕМ КОТЛОВ ТП-92

Разработан алгоритм и программа расчета сушильной и размоленной производительности пылесистемы котлов ТП-92 энергоблоков 150 МВт в зависимости от качества топлива и готовности пылесистемы.

С помощью программы можно дополнительно определить параметры пылесистемы, провести анализ влияния отдельных характеристик топлива и состояния пылесистемы на сушильную и размоленную производительность.

Ключевые слова: пылеугольный котел ТП-92, мельница 6М75U, программа расчета производительности пылесистемы.

Мисак Степан Йосифович, кафедра теплотехніки і теплових електричних станцій, Національний університет «Львівська політехніка», Україна, e-mail: s.mysak@yandex.ru.

Мысак Степан Иосифович, кафедра теплотехники и тепловых электрических станций, Национальный университет «Львовская политехника», Украина.

Mysak Stepan, National University «Lviv Polytechnic», Ukraine, e-mail: s.mysak@yandex.ru

УДК 681.12

DOI: 10.15587/2312-8372.2014.30118

Книш Б. П.

МЕТОД КОНТРОЛЮ КІЛЬКІСНОГО ВМІСТУ КОМПОНЕНТІВ СКРАПЛЕНОГО НАФТОВОГО ГАЗУ ТА ЗАСІБ ДЛЯ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ

В роботі запропоновано метод визначення кількісного вмісту скрапленого нафтового газу не тільки складових пропану й бутану, але й домішок на основі використання функції температурних параметрів, що дозволило підвищити вірогідність контролю. Розроблено засіб на основі запропонованого методу.

Ключові слова: скраплений нафтовий газ, масова частка, пропан, бутан, домішки.

1. Вступ

На сьогодні знаходить широке використання скрапленний нафтовий газ (СНГ) як паливо в двигунах авто-

мобільного транспорту, так і установках муніципальних, промислових і сільськогосподарських об'єктів [1].

СНГ — це суміш хімічних сполук, що складається в основному з водню і вуглецю з різною структурою