

Головач В. М., Сірко З. С., Стариш Е. А., Торчилевський Д. П., Кісіль Л. Л.

УДК 674.815-41

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ФАКЕЛУ ГОРІННЯ ПІД ЧАС СПАЛЮВАННЯ ГАЗУ У ВИРОБНИЦТВІ ДЕРЕВИННОСТРУЖКОВИХ ПЛИТ

В. М. ГОЛОВАЧ, кандидат технічних наук

З. С. СІРКО, кандидат технічних наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Е. А. СТАРИШ, завідувач сектором

Д. П. ТОРЧИЛЕВСЬКИЙ, науковий співробітник

Л. Л. КІСІЛЬ, науковий співробітник

Український державний науково-дослідний інститут «Ресурс»

E-mail: z.sirko@ukr.net

<https://doi.org/10.31548/dopovidi2020.04.020>

Анотація. У статті наведено результати досліджень зі створення системи автоматичного контролю факелу горіння у газовому пальнику під час виробництва деревинностружкових плит. Проведено аналіз існуючих систем контролю факелу горіння під час спалювання газу у водогрійних та парових котлах, які використовують у виробництві плитних матеріалів на основі деревинних відходів в якості теплових генераторів. Показано, що для контролю наявності факелу горіння використовують системи на основі іонізаційних та фотоелектричних датчиків. Система контролю факелу горіння на основі іонізаційного датчика має суттєвий недолік – чутливий елемент датчика (електрод) під час роботи знаходиться в зоні високої температури, тому електрод поступово перегоряє, з часом іонізаційний датчик втрачає чутливість і перестає працювати. Тому його необхідно часто замінювати, що вимагає додаткових часу і коштів. Крім того, система контролю факелу під час роботи з іонізаційним датчиком, електроди якого підгоріли, може дати збій. Система на основі фотоелектричних датчиків таких недоліків не має. В роботі проведено також аналіз сучасних методів та засобів контролю факелу горіння з метою зменшення енерговитрат. Аналіз існуючих методів, приладів, датчиків дозволили вибрати метод та технічні засоби контролю факелу горіння у газовому пальнику під час виробництва деревинностружкових плит.

Ключові слова: факел, пальник газовий, котел водогрійний, пристрій контролю, автоматичний режим, алгоритм, датчик, мікропроцесор, система, зразок, випробування, аналіз, автокореляція

Актуальність. Аналіз існуючих систем контролю факелу горіння, які встановлені на парових котлах типу ДКВР, працюють із застарілими газовими пальниками у ручному

режимі регулювання та розпалювання [1-4]. Повітря для спалювання газу подають до камери спалювання вентилятором. Якщо повітря у камері недостатньо, газ спалюється

Головач В. М., Сірко З. С., Стариш Е. А., Торчилевський Д. П., Кісіль Л. Л.

неповністю і викидається в атмосферу, що екологічно та економічно недоцільно. Зайве повітря охолоджує камеру, при цьому утворюється двоокис азоту, що небезпечно для людини та оточуючого середовища. Експлуатація котлів з такими пальниками економічно невигідна та небезпечна. На заводах з виробництва деревинностружкових плит для заощадження газу в газових топках спалюють деревний пил, що утворюється під час технологічного процесу виробництва плит. Основна маса деревного пилу утворюється під час шліфування деревинностружкових плит. Деревинностружкові плити після виходу з пресу гарячого пресування мають значну нерівномірність товщини як в партії плит, так і в межах однієї плити. Діючим стандартом дозволяється відхилення товщини плит від номінальної не більше $\pm 0,6\text{мм}$. В практиці роботи підприємств різновтовщинність плит нерідко сягає $\pm 1,0\text{мм}$. Така різновтовщинність утруднює використання деревинностружкових плит. Тому плити виготовляють з припуском за товщиною $1,5\text{мм}$, який потім знімають в процесі калібрування. На даний час плити калібруються тільки шліфуванням. Для виробництва плит в переважній більшості використовують деревину хвойних та м'яких листяних порід. Окрім деревинної стружки в плиті

знаходиться в'язуче (в основному мочевиноформальдегідні смоли) та допоміжні матеріали, що діють як каталізатори (їдкий натрій, гашене вапно, кислоти та солі кислот – соляної, сірчаної, щавелевої, лимонної, хлористий амоній, хлористий цинк та інше). Всі ці речовини знаходяться в складі пилу, який отримують в процесі шліфування. Деревинний пил спалюють в газових топках, що дає можливість економити природний газ та покращити екологію виробництва – нема потреби утилізувати відходи виробництва у вигляді пилу. У разі зникнення факелу газового пальника під час ощадного спалювання суміші газу та деревинного пилу, необхідно припинити постачання пилу через пилову форсунку. Невиконання цієї умови може призвести до вибуху газо-пилової суміші.

Автори поставили перед собою завдання розробити систему контролю процесу горіння пальника з метою попередження пожежонебезпечних ситуацій.

Мета досліджень – розробити систему автоматичного контролю факелу горіння під час спалювання газо-пилової суміші у виробництві деревинностружкових плит.

Методика досліджень. Для визначення характеристик горіння пальника визначали інерційність фотодатчика, обраного для вимірювання яскравості. Для цього встановлювали кінокамеру з

Головач В. М., Сірко З. С., Стариш Е. А., Торчилевський Д. П., Кісіль Л. Л.

направленням її на пальник. За допомогою відповідного програмного забезпечення (ACF) розкладали зображення на окремі фрагменти та знімали статистичні характеристики яскравості горіння пальника за допомогою фотометра. Результати досліджень обробляли за допомогою програми ACF. З використанням програми ФЛА знаходили автокореляційну функцію процесу горіння та робили висновки щодо

застосування отриманих результатів для налагодження параметрів системи контролю.

Результати досліджень.

Дослідження процесу горіння факелу пальника проводили за допомогою програми PC – LINK. За допомогою цієї програми були отримані значення осцилограми заміру яскравості факелу горіння пальника (Рис. 1) вихідного сигналу фото датчика, направлено на полум'я пальника.

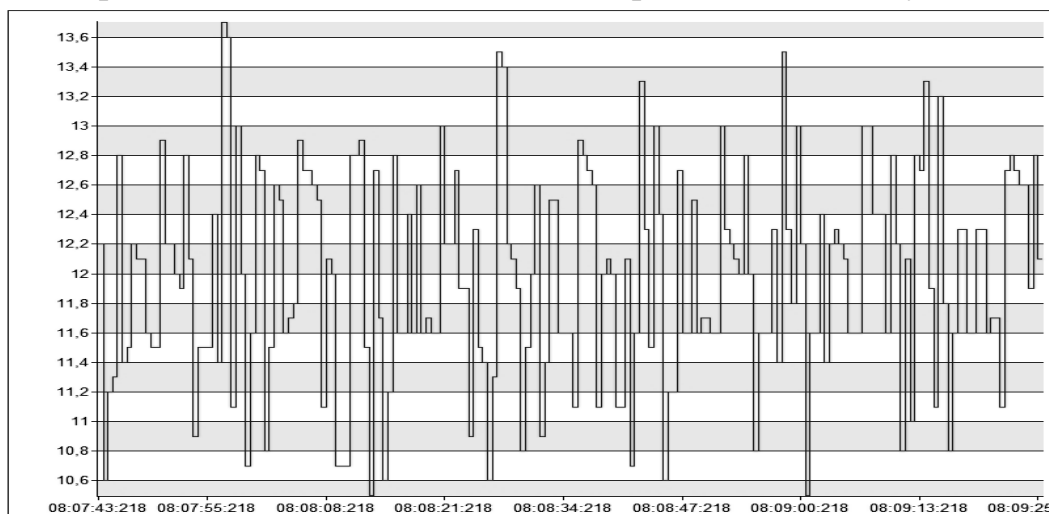


Рис.1. Осцилограма заміру яскравості факелу горіння пальника

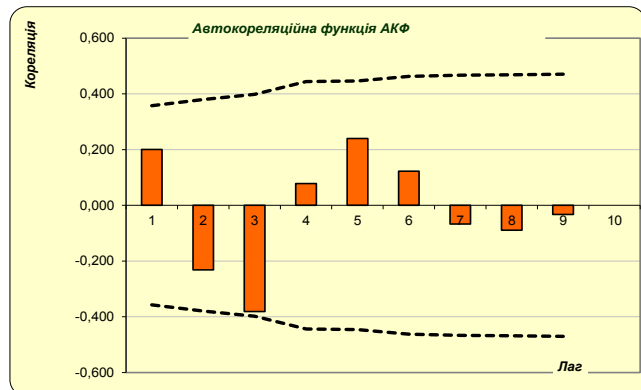
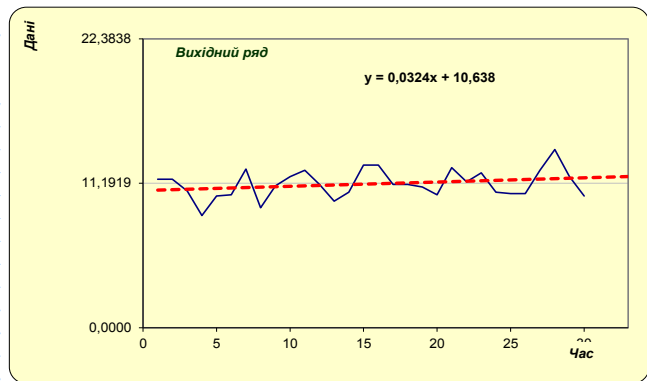
Аналіз сигналів фотодатчика проводився за допомогою автокореляційної функції (1), яка показує зв'язок сигналу $f(t)$ з копією самого себе $f(t - \tau)$, зміщеного в часі на величину τ [5]:

$$\Psi(\tau) = \int f(t)f(t - \tau)dt \quad (1)$$

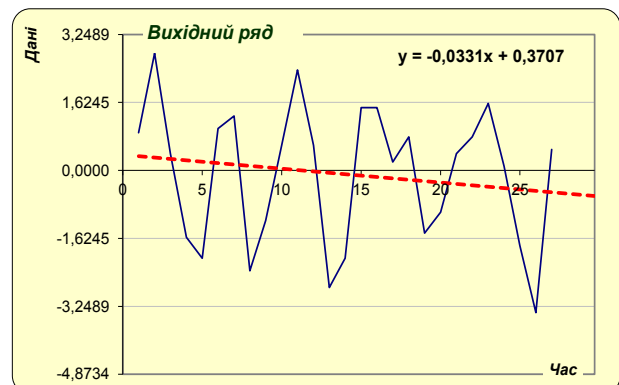
Автокореляційні функції, отримані за результатами оброблення

фрагментів відеоз'ємки процесу горіння пальника у виробничих умовах Калинівського експериментального заводу деревинних матеріалів. На рис. 2 та рис. 3 показані автокореляційні функції, які свідчать, що процес горіння є випадковим процесом і має випадкові коливання яскравості факелу.

	Вихідний часовий ряд	Статистика Дарбина-Ватсона (DW)	АКФ	Похибка АКФ
1	11,5000	0,015	1 0,200	0,358 -0,358
2	11,5000	DW Up	2 -0,232	0,380 -0,380
3	10,6000	1,490	3 -0,381	0,398 -0,398
4	8,7000	DW Low	4 0,078	0,444 -0,444
5	10,2000	1,350	5 0,239	0,446 -0,446
6	10,3000		6 0,123	0,463 -0,463
7	12,3000		7 -0,067	0,467 -0,467
8	9,3000		8 -0,089	0,468 -0,468
9	11,0000		9 -0,033	0,471 -0,471
10	11,7000			
11	12,2000			
12	11,1000			
13	9,8000			
14	10,5000			
15	12,6000			
16	12,6000			
17	11,1000			
18	11,1000			
19	10,9000			
20	10,3000			
21	12,4000			
22	11,3000			
23	12,0000			
24	10,5000			
25	10,4000			
26	10,4000			
27	12,2000			
28	13,8000			
29	11,7000			
30	10,2000			

Рис. 2. Автокореляційна функція сигналу з фотодатчика при $\tau=1$

	Вихідний часовий ряд	Статистика Дарбина-Ватсона (DW)	АКФ	Похибка АКФ
1	0,9000	1,504	1 0,236	0,374 -0,374
2	2,8000	DW Up	2 -0,525	0,406 -0,406
3	0,4000	1,470	3 -0,451	0,496 -0,496
4	-1,6000	DW Low	4 0,087	0,554 -0,554
5	-2,1000	1,320	5 0,329	0,556 -0,556
6	1,0000		6 0,065	0,584 -0,584
7	1,3000		7 -0,166	0,585 -0,585
8	-2,4000		8 -0,076	0,592 -0,592
9	-1,2000			
10	0,6000			
11	2,4000			
12	0,6000			
13	-2,8000			
14	-2,1000			
15	1,5000			
16	1,5000			
17	0,2000			
18	0,8000			
19	-1,5000			
20	-1,0000			
21	0,4000			
22	0,8000			
23	1,6000			
24	0,1000			
25	-1,8000			
26	-3,4000			
27	0,5000			

Рис. 3. Автокореляційна функція сигналу з фотодатчика за $\tau = 2$

Головач В. М., Сірко З. С., Стариш Е. А., Торчиловський Д. П., Кісіль Л. Л.

Достовірність статистичних даних перевірялась за допомогою статистик Дарбина-Ватсона [6]. Кореляційні зв'язки спадають на протязі 9 циклів замірів. Тому для заміру яскравості полум'я було вибрано 9 циклів. Якщо за 9 циклів заміру яскравість полум'я не зміниться система робить висновок про загасання полум'я.

Таким чином, контролюючи значення яскравості в межах 2с можна отримати достовірні дані про наявність чи затухання факелу.

Автоматизована система контролю горіння факелу не є закритою. Існує принципова можливість розвитку функціональних можливостей системи. Завдяки застосуванню сучасних принципів розроблення радіоелектронних пристроїв, елементів та мікропроцесорної техніки розроблена система є базовою і в подальшому її функціональні можливості можуть бути значно розширені [7,8]. Можливості розвитку системи можуть бути наступними:

- удосконалення роботи системи за результатами її експлуатації

Список використаних джерел

1. Корчунов Ю.Н., Тюльпанов Р.С. Исследование скорости термического разложения древесины и торфа. Инженерно-физический журнал. 1960, № 7. С. 102-105.
2. Полежаев Ю.В., Юревич Ф.Б. Тепловая защита. Энергия. 1976, № 3. С. 349-352.
3. Канторович Б.В. Основы теории горения и газификации твердого топлива. Москва: изд-во АН СССР, 1973. 227 с.

шляхом внесення змін в алгоритм роботи системи та її програмного забезпечення;

- удосконалення роботи системи шляхом додавання нових контрольованих параметрів (наприклад, задимлення приміщень, поява відкритого вогню).

Висновки

1. Проведено аналіз сучасного стану технологічного обладнання систем контролю факелу горіння під час спалювання газу у виробництві деревинностружкових плит.

2. Вибрано напрямки досліджень, що забезпечили можливість розроблення системи контролю і керування процесу горіння пального з метою попередження пожежонебезпечних ситуацій.

3. Проведені аналітичні та експериментальні дослідження з визначення характеристик процесу горіння пального.

4. Розроблена та виготовлена система контролю процесу горіння пального, що попереджує небезпечний хід технологічного процесу виготовлення плит.

4. Померанцев В.В., Арефьев М.К., Ахметов Д.Б. Основы практической теории горения. Ленинград: Энергия, 1973. 227 с.

5. Дженкинс, Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. Москва: Мир, 1972. 287 с.

6. Отнес Р., Энноксон Л. Прикладной анализ временных рядов. М.: Мир, 1982. 429 с.

7. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. М.:Мир, 1978. 848 с.

Головач В. М., Сірко З. С., Стариш Е. А., Торчиловський Д. П., Кісіль Л. Л.

8. Гольдберг Л.М., Матюшкин Б.Д., Поляк М.Н., Цифровая обработка сигналов. М.: Радио и связь, 1990 256 с.

References

1. Korchunov Y.N., Tyul'panov R.S. (1960). Issledovanie skorosti termicheskogo razlozheniya drevesiny i torfa. Inzhenerno-fizicheskij zhurnal [Investigation of the rate of thermal decomposition of wood and peat. Engineering Physics Journal] # 7. S. 102-105.

2. Polezhaev Y.V., Yurevich F.B. (1976) Teplovaya zashhita [Thermal protection] E`nergiya. 1976, # 3. S. 349-352.

3. Kantorovich B.V. (1973) Osnovy` teorii gorennya i gazifikaczii tverdogo topliva [Fundamentals of the theory of combustion and gasification of solid fuels] Moskva: izd-vo AN SSSR,. 227 s.

4. Pomeranczev V.V., Aref`ev M.K., Akhmetov D.B. (1973) Osnovy` prakticheskoy

teorii gorennya [Fundamentals of practical combustion theory]. Leningrad: E`nergiya. 227 s.

5. Dzhenkins, G., Vatts D. (1972) Spektral`ny`j analiz i ego prilozheniya [Spectral analysis and its applications] Moskva: Mir. 287 s.

6. Otnes R., E`nokson L. (1982) Prikladnoj analiz vremenny`kh ryadov [Applied Time Series Analysis] M.: Mir. 429 s.

7. Rabiner L., Gould B. (1978) Teoriya i primeneniye czifrovoj obrabotki signalov [Theory and application of digital signal processing] M.:Mir. 848 s

8. Gol`dberg L.M., Matyushkin B.D., Polyak M.N., (1990) Czifrovaya obrabotka signalov [Digital signal processing] M.: Radio i svyaz`. 256 s.

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ФАКЕЛА ГОРЕНИЯ ПРИ СЖИГАНИИ ГАЗА В ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

В. М. Головач, З. С. Сирко, Е. А. Стариш,
Д. П. Торчиловський, Л. Л. Кисиль

Аннотация. В статье приведены результаты исследований по созданию системы автоматического контроля факела горения в газовой горелке при производстве древесностружечных плит. Проведен анализ существующих систем контроля факела горения при сжигании газа в водогрейных и паровых котлах, которые используют в производстве плитных материалов на основе древесных отходов в качестве тепловых генераторов. Показано, что для контроля наличия факела горения используют системы на основе ионизационных и фотоэлектрических датчиков. Система контроля факела горения на основе ионизации датчика имеет существенный недостаток - чувствительный элемент датчика (электрод) во время работы находится в зоне высокой температуры, поэтому электрод постепенно перегорает, со временем ионизации датчик теряет чувствительность и перестает работать. Поэтому его необходимо часто менять, что требует дополнительных времени и средств. Кроме того, система контроля факела при работе с ионизационным датчиком, электроды которого подгорели, может дать сбой. Система на основе фотоэлектрических датчиков таких недостатков не имеет. В работе проведен также анализ современных методов и средств контроля факела горения с целью уменьшения энергозатрат. Анализ существующих методов, приборов, датчиков позволили выбрать метод и технические средства контроля факела горения в газовой горелке при производстве древесностружечных плит.

Головач В. М., Сірко З. С., Стариш Е. А., Торчилевський Д. П., Кісіль Л. Л.

Ключевые слова: факел, горелка газовая, котел водогрейный, устройство контроля, автоматический режим, алгоритм, датчик, процессор, система, образец, испытания, анализ, автокорреляция

TIME OF GAS COMBUSTION IN THE PRODUCTION OF CHIPBOARDS

V. M. Golovach, Z. S. Sirko, E. A. Starish, D. P. Torchilevskij, L. L. Kisil

Abstract. The article presents the results of research on the creation of a system of automatic control of the combustion torch in a gas burner during the production of particle board. The analysis of the existing control systems of the flame during the combustion of gas in hot water and steam boilers, which are used in the production of board materials based on wood waste as heat generators. It is shown that systems based on ionization and photoelectric sensors are used to control the presence of a combustion torch. The combustion torch control system based on the ionization sensor has a significant disadvantage - the sensitive element of the sensor (electrode) during operation is in a high temperature zone, so the electrode gradually burns out, over time the ionization sensor loses sensitivity and stops working. Therefore, it must be replaced frequently, which requires additional time and money. In addition, the torch control system may malfunction when the ionization sensor, the electrodes of which have burned out, fails. The system based on photoelectric sensors has no such disadvantages. The paper also analyzes modern methods and means of controlling the combustion torch in order to reduce energy consumption. The analysis of the existing methods, devices, sensors allowed to choose the method and technical means of control of the flare in the gas burner during the production of particle board.

Keywords: torch, gas burner, hot water boiler, control device, automatic mode, algorithm, sensor, microprocessor, system, sample, experiment, analysis, autocorrelation