

ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДІВ ДОМЕННИХ ПОВІТРОНАГРІВАЧІВ ЗА РАХУНОК МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ КУПОЛУ

Койфман Олексій Олександрович, канд. техн. наук, доцент,
завідувач кафедри автоматизації, електро- та робототехнічних систем,
aleksey.koyfman@mipolytech.edu.ua¹

Мірошніченко Вікторія Ігорівна, канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедри автоматизації, електро- та робототехнічних систем,
v.i.miroshnichenko@mipolytech.edu.ua¹

Мірошніченко Сергій Олександрович, старший викладач
кафедри природничо-наукових та загальноінженерних дисциплін,
serhii.miroshnychenko@mipolytech.edu.ua¹

¹ ТОВ «Технічний університет «Метінвест Політехніка»

Для нагріву насадки доменного повітрянагрівача в якості палива переважно використовують доменний газ. Можливе використання суміші газів, яка, окрім доменного, додатково містить до 10-20% від загального об'єму природного та/або коксового газів. До складу продуктів згоряння у вказаних випадках входять такі шкідливі для навколишнього середовища речовини, як оксиди азоту, оксиди сірки, оксиди вуглецю тощо (табл. 1) [1].

Таблиця 1 – Середні значення концентрацій шкідливих речовин у відхідних газах повітрянагрівача при температурі купола 1400 °С

Варіант	Витрата димових газів з одного повітрянагрівача (ПН), м ³ /год	Концентрація, мг/м ³		
		CO	SO _x	NO _x
1	52800	1800–3200	27	65–135
2	63800	1980–3880	31,6	71–148
3	79500	2200–3450	29,6	75–141
4	83200	2000–3500	31	–

В залежності від наявності у доменному газі сірки та сірководню формується концентрація оксидів сірки SO_x у димових газах. Незначну концентрацію CO визначає якість спалювання палива. Концентрація NO_x залежить від таких факторів, як температура під куполом, коефіцієнт витрати повітря, вологість доменного газу, наявність в ньому азотовмісних компонентів. Незважаючи на те, що концентрація NO_x у відхідних газах відносно невелика, їхні валові викиди є значними – 100–300 т/рік. Це спричинено загальними витратами димових газів, що сягають 180–250 тис. м³/год на один блок повітрянагрівачів. Наведена інформація є узагальненою, тому при розрахунку шкідливих викидів необхідно враховувати особливості конкретного доменного виробництва.

Аналітичний огляд сучасних джерел показав декілька шляхів для зменшення викидів блоку повітрянагрівачів: впровадження сучасних технологій очищення димових газів, таких як методи мокрої десульфуризації; покращення теплової ефективності повітрянагрівачів через оптимізацію циклів горіння для точнішого контролю процесу; використання нових пальників; рециркуляція димових газів; двостадійне спалювання палива тощо. Наведені підходи в переважній більшості потребують значних фінансових вкладень. Традиційно на металургійних підприємствах склалась ситуація, що модернізація та капітальні ремонти доменної печі не стосуються блоку повітрянагрівачів та його автоматизованої системи управління. При цьому термін роботи деяких агрегатів перебільшує визначений термін експлуатації в декілька разів.

Процес нагрівання насадки повітрянагрівача складається з декількох періодів. Перший етап передбачає подачу максимальної кількості палива для досягнення допустимої температури нагріву футерування купола. Впродовж другого періоду насадку нагрівають, змінюючи співвідношення «паливо-повітря» так, щоб не допустити перегріву купола повітрянагрівача:

або збільшенням витрати повітря, або зменшенням витрати палива. Подальше прогрівання насадки визначається температурою піднасадкового простору (зазвичай 400 °С). Підсистема регулювання співвідношення «паливо-повітря» налаштована на постійне значення калорійності палива, коефіцієнт надлишку повітря α варіюється в діапазоні 1,15-1,30.

В результаті аналізу особливостей експлуатації декількох блоків повітрянагрівачів різних металургійних підприємств визначені наступні проблеми:

1. Відсутність автоматичного контролю хімічного складу та калорійності доменного газу в загальному колекторі. Вимірювання здійснюється хімічною лабораторією декілька раз на добу. Зміни калорійності за добу можуть сягати 30%, що не враховується при регулюванні співвідношення «паливо-повітря».

2. У випадку, коли повітря на горіння подається не через загальний колектор, а за допомогою дуттьового вентилятора, через конструктивні особливості відсутня можливість прямого контролю витрати повітря. Якщо для регулювання обертів вентилятору використовується частотний спосіб, здійснюють опосередкований розрахунок витрати повітря. Якщо регулювання здійснюється через дроселювання потоку, витрата повітря залишається невідомою, коефіцієнт співвідношення «паливо-повітря» не змінюється, а регулювання реалізовано через використання системи тяг між виконавчими механізмами.

3. Не враховуються втрати повітря на горіння.

4. «Коротке замикання» між пальником та насадкою призводить до значного підвищення концентрації СО в димових газах. При наявності такої проблеми повітрянагрівач потребує капітального ремонту.

5. Відсутній автоматичний контроль якості спалювання палива. Димові тракти кожного з повітрянагрівачів блоку об'єднані в один димовий боров, через що необхідно встановлювати газоаналізатори на кожний агрегат, що є економічно недоцільним. Цей параметр можуть визначати під час теплотехнічного дослідження повітрянагрівача, яке проводиться у кращому випадку один раз на рік. За відсутності автоматичного контролю калорійності палива ці результати є мало показовими через відсутність врахування вищенаведених факторів.

Враховуючи наявність вищенаведених проблем можна стверджувати, що шкідливі викиди, які утворюються при роботі блоку повітрянагрівачів, можуть суттєво перевищувати розрахункові значення, з огляду на те, що до складу доменного цеху зазвичай входить декілька печей.

Авторами пропонується наступна модернізація системи автоматичного регулювання температури куполу (нагріву насадки), як альтернативний спосіб зменшення шкідливих викидів без значних фінансових вкладень, за умови наявності частотного регулювання обертів дуттьового вентилятору (рис. 1). Необхідно підкреслити, що вказаний спосіб регулювання забезпечить гнучкість регулювання температури куполу та підвищення якості горіння зі значним зменшенням утворення шкідливих викидів та споживання електричної енергії.

Автоматизована система управління технологічним процесом доменної плавки, зокрема, нагріву гарячого дуття, обов'язково передбачає наявність поточних та архівних баз даних, що містять значну кількість значень технологічних параметрів. Використання поточної та архівної технологічної інформації надає великі можливості для реалізації аналізу якості ведення доменного процесу та нагріву доменного дуття. При модернізації системи управління слід додатково враховувати значення калорійності доменного газу, яке періодично надходить з хімічної лабораторії (рис. 1). Хімічний склад природного газ переважно стабільний.

Регулювання співвідношення «паливо-повітря» з урахуванням витрати повітря, калорійності доменного газу, поточного розрахунку горіння палива [2] забезпечить підвищення якості спалювання палива. Для збільшення точності розрахунку горіння в алгоритмі використовуються значення теплотехнічних параметрів складових газу в залежності від його тиску та температури [3].

Натепер при керуванні нагріванням насадки повітрянагрівача не враховується його тепловий стан при різній тривалості перемикання, а також втрати тепла в навколишнє середовище під час перемикань між режимами, коли температура куполу падає на 15 - 25 °С.

Оптимізація переключень дозволить зменшити час перемикань і, відповідно, знизити втрати тепла та зменшити загальний об'єм палива, що витрачається на нагрів насадки. Наявність програми розрахунку втрат тепла під час перемикання повітрянагрівачів між режимами [3] дасть можливість регулювати процес нагріву насадки з урахуванням початкового теплового стану повітрянагрівача після переключення з режиму нагріву дуття на режим нагріву насадки.

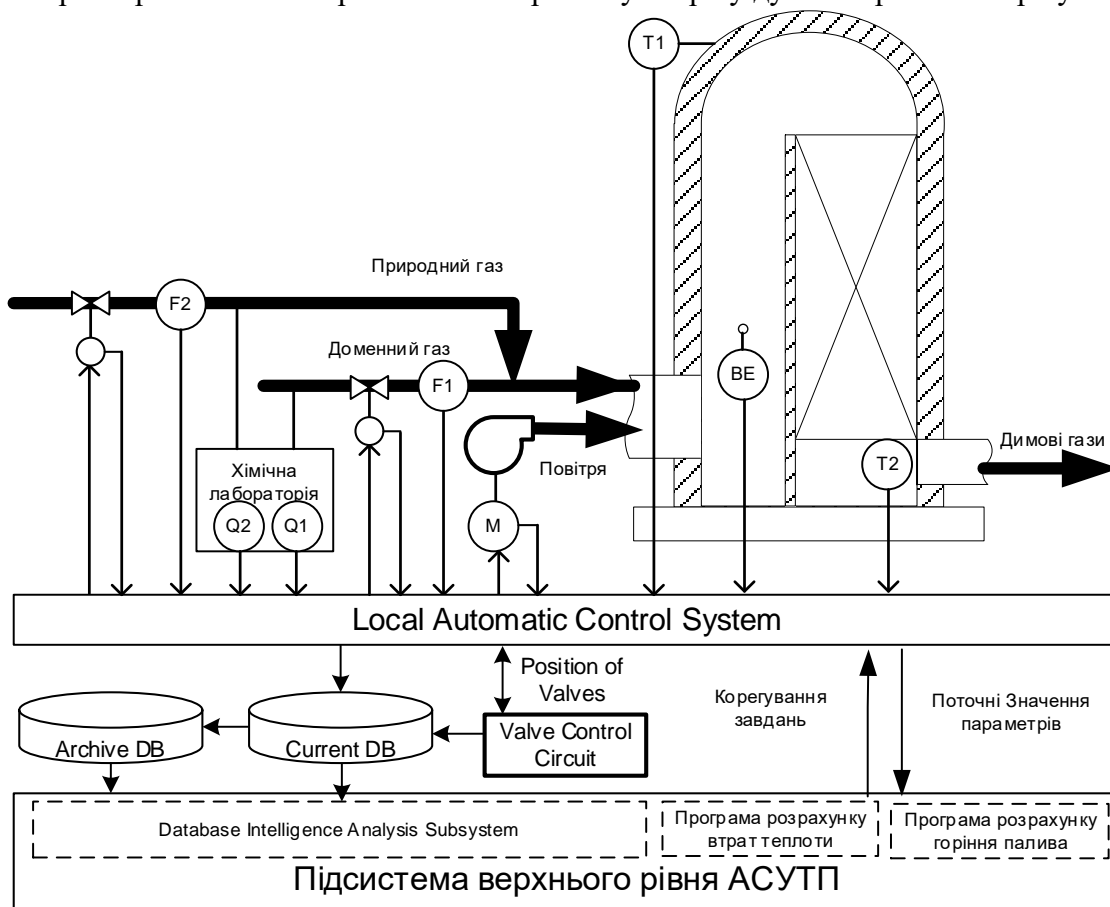


Рисунок 1 – Структура запропонованої автоматизованої системи управління нагрівом насадки доменного повітрянагрівача

Запропонована модернізація системи керування нагріванням насадки доменного повітрянагрівача дозволить оптимізувати горіння доменного (змішаного) газу, забезпечуючи зменшення шкідливих викидів в межах режимної карти блоку повітрянагрівачів за рахунок: урахування хімічного складу та калорійності доменного газу; розрахунку горіння доменного (змішаного) газу з підвищеною точністю; можливості регулювання співвідношення «паливо-повітря» та поступового зменшення коефіцієнту α ближче до одиниці; стабілізації температури куполу на відповідному значенні (менше 1400 °C), при якому суттєво зменшується утворення NO_x . Безумовно, питання зменшення шкідливих викидів блоку повітрянагрівачів потребує подальшого детального вивчення та проведення відповідних досліджень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Грес Л. П., Єрьомін О. О., Каракаш Є. О., Радченко Ю. М. Екологічні аспекти металургійних технологій (1 ч.) : навч. посібник. Дніпро: Україн. держ. ун-т науки і технол., 2022. 106 с.
2. Койфман, О., Орехов, М., Солдатов, Д., Будур, В., Голоядов, А. Управління нагріванням насадки доменного повітрянагрівача з використанням програми розрахунку горіння палива. Наука та виробництво. 2020, №23. С. 338–346. <http://sap.pstu.edu/article/view/241192>
3. Койфман О., Орехов М., Сімкін О. Розрахунок значень теплофізичних властивостей газів для уточненого розрахунку доменного повітрянагрівача. Перспективи розвитку сучасної науки і техніки: зб. тез доп. Всеукр. інтернет-конференції, Маріуполь, 20-21 лютого 2020 р. (ДВНЗ «ПДТУ»). Маріуполь, 2020. С. 20–22.

4. Койфман, О., Горобченко, М., Клімов, Є., Доля, Д. Застосування інтелектуального аналізу архівної бази даних АСУТП в управлінні блоком доменних повітрянагрівачів. Наука та виробництво. 2020, №23. С. 328–337. <http://sap.pstu.edu/article/view/241189>

АНАЛІЗ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ МЕРЕЖІ СУШІ-МАРКЕТІВ

Кривенко Ольга Вікторівна, канд. техн. наук, доцент,
доцент кафедри інформатики, krivenko_o_v@pstu.edu¹

Кузнецов Віктор Олександрович, магістр групи КІ-23-М, kuznecovvictor2001@gmail.com¹

¹ ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

У сучасних умовах жорсткої конкуренції на ринку громадського харчування, ефективно управління бізнес-процесами стає ключовим фактором успіху для закладів, зокрема для мереж суші-маркетів. У сегменті доставки їжі важливо забезпечити не тільки якість продукції, але й швидкість та зручність обслуговування, що безпосередньо впливає на задоволення клієнтів та конкурентоспроможність мережі.

Для забезпечення стабільної роботи мережі суші-маркетів необхідно детально організувати процеси підготовки, зберігання та обробки продуктів, контролю якості та обслуговування клієнтів. Суші-маркети зазвичай мають кілька точок продажу, які працюють на доставку та винос, що вимагає чіткої координації ресурсів, відстеження наявності інгредієнтів та ефективної системи прийому та обробки замовлень. Всі наведені аспекти є критичними для збереження свіжості продуктів, дотримання часу приготування та надання якісного сервісу.

На етапі становлення мережі суші-маркетів були виявлені деякі ключові проблеми, які негативно впливають на якість обслуговування та ефективність роботи. Однією з головних проблем стала відсутність власної системи доставки або партнерства зі сторонніми компаніями з доставки їжі. Що обмежувало можливості суші-маркетів в обслуговуванні клієнтів на віддалених територіях і призводило до затримок у виконанні замовлень.

Ще однією важливою проблемою була відсутність автоматизованої системи перевірки наявності продуктів. Що часто призводило до ситуацій, коли замовлення не могли бути виконані через відсутність необхідних інгредієнтів, що знижувало рівень задоволеності клієнтів та негативно впливало на репутацію мережі. Такі проблеми створювали додаткове навантаження на співробітників, які були змушені вручну відслідковувати наявність продуктів та вирішувати питання щодо наявності інгредієнтів у кожному конкретному закладі.

Для вирішення наведених проблем було прийнято рішення інтегрувати сторонні компанії, що спеціалізуються на доставці їжі, в бізнес-процеси суші-маркету. Завдяки такому підходу мережа суші-маркетів змогла розширити географію доставки, не потребуючи додаткових витрат на створення власної логістичної інфраструктури. Що дозволило значно скоротити час виконання замовлень та підвищити рівень задоволеності клієнтів.

Також було впроваджено автоматизовану систему перевірки наявності продуктів, яка дає змогу в режимі реального часу контролювати залишки інгредієнтів на кожній локації. Система забезпечує своєчасне оновлення даних про залишки продуктів і відправляє повідомлення про необхідність поповнення запасів, що дозволяє уникати затримок у виконанні замовлень через відсутність інгредієнтів.

Залучення сторонніх компаній доставки має низку переваг перед організацією власної служби доставки. По-перше, такі компанії вже мають відпрацьовану логістичну інфраструктуру та досвід у швидкому та ефективному доставленні замовлень. Завдяки чому значно скорочуються витрати на найм персоналу, закупівлю транспорту та створення логістичних маршрутів. По-друге, професійні служби доставки здатні охопити значно більшу географічну зону, що дозволяє суші-маркетам розширювати аудиторію та збільшувати обсяги продажів без додаткових фінансових вкладень.