

Питання згуртованості є актуальним в Україні, оскільки більшість існуючих сьогодні об'єднаних територіальних громад є тільки об'єднаннями територій, але не об'єднанням людей. Тобто згуртованість має формувати солідарну відповідальність.

Список літератури

1. Альошина Н.М. Поняття й ознаки територіальної громади / Н.М. Альошина // Державне будівництво та місцеве самоврядування : зб. наук. пр. – Харків, 2011. – Вип. 21. – С. 173–180.
2. Баймуратов М.А. Европейские стандарты локальной демократии и местное самоуправление в Украине. Харьков: Одиссей, 2000. – 314 с.
3. Батанов О.В. Територіальна громада – основа місцевого самоврядування в Україні : монографія. – К. : Ін-т держави і права ім. В.М. Корецького НАН України, 2001. – 260 с.
4. Григорьев В.А. Становление местного самоуправления в Украине. Одесса: Юрид. л-ра, 2000. – 108 с.
5. Закон України «Про засади державної регіональної політики» від 05.02.2012 р. №156-VII (зі змінами та доповненнями). – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/156-19>
6. Закон України «Про зовнішньоекономічну діяльність» від 16.04.1991 р. №959-XII (зі змінами та доповненнями). – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/959-12/ed20190207#n79>
7. Закон України «Про місцеве самоврядування» від 21.05.1997 р. №280/97 (зі змінами та доповненнями). – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/280/97-%D0%B2%D1%80>
8. Закон України «Про свободу пересування та вільний вибір місця проживання в Україні» від 11.12.2003 р. №1382-IV (зі змінами та доповненнями). – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/1382-15>
9. Кампо В.М. Деякі проблеми становлення і розвитку місцевого самоврядування. Місцеве і регіональне самоврядування в Україні. 1993. Вип. 1/2 (4/5). – С. 68.
10. Конституція України від 28.06.1996 р. №254к/96-ВР (зі змінами та доповненнями). – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80>
11. Концепція реформування місцевого самоврядування та територіальної організації влади в Україні, схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 01.04.2014 р. № 333-р. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/333-2014-%D1%80>
12. Кравченко В.І. Місцеві фінанси України: навч. пос. – Київ: Знання. 1999. – С. 77-82.
13. Місцеве самоврядування в Україні: проблеми та перспективи / за ред. В.М. Бесчастного. – Донецьк: Донецький юридичний інститут при Донецькому національному університеті. 2005. 579 с.
14. Орзіх М.П. Концепція правового статусу самоврядних територій і органів місцевого самоврядування. Місцеве та регіональне самоврядування України. Київ. 1994. Вип. 4 (9). – С. 45.
15. Патицька Х.О. Нарощення податкового потенціалу об'єднаних територіальних громад в контексті забезпечення їх фінансової спроможності. Причорноморські економічні студії. 21/2017. С. 42-46.
16. Патицька Х.О. Формування фінансово-економічного потенціалу територіальних громад в умовах реалізації реформи місцевого самоврядування / Х.О. Патицька // Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук. – Л. – 2018. – С. 254.
17. Пухтинський М.О. Проблеми реалізації конституційно-правових засад місцевого самоврядування. Збірник наукових праць УАДУ. 1999. Вип. 1. – С. 257.
18. Руда Н.І. Формування соціального статусу територіального колективу в період переходу до ринкових відносин. Правова система України: теорія і практика: тези доп. і наук., пров. наук.-практ. конф. (Київ, 7-8 жовтня 1993 р.) Київ, 1993. – С. 203.
19. Указ Президента України «Про заходи щодо впровадження Концепції адміністративної реформи в Україні» від 22.07.1998 р. №810/98 (зі змінами та доповненнями). – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/810/98>
20. Цивільний Кодекс України від 16.01.2003 р. №435-IV (зі змінами та доповненнями). – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/435-15>

Рукопис подано до редакції 09.04.2020

УДК 004.451.25:[622.788:621.867]

В. Й. ЛОБОВ, Л.І.ЄФІМЕНКО, М.П. ТИХАНСЬКИЙ, кандидати техн. наук, доценти
Криворізький національний університет

НЕЧІТКЕ КЕРУВАННЯ ТЕРМІЧНОЮ ОБРОБКОЮ ЗАЛІЗОРУДНИХ ОБКОТИШВ У ЗОНІ ВИСУШУВАННЯ ВИПАЛЮВАЛЬНОЇ МАШИНИ КОНВЕЄРНОГО ТИПУ

Мета. Забезпечення підвищення ефективності автоматизованого керування процесом термічного оброблення залізородних обкотішів у технологічній зоні висушування шляхом розробки принципів, структури та дослідження роботи системи керування на основі нечіткої логіки про стан теплоносіїв газоповітряних потоків і основних параметрів технологічних зон машини.

Методи дослідження. При проведенні дослідження використано аналіз літературних і патентних джерел, наукове узагальнення раніше виконаних досліджень, а також, методи теорії автоматичного керування та математичного моделювання для аналізу якості перехідних процесів і швидкодії розробленої системи керування процесом термічної обробки з моделями нечіткої логіки, теорії ідентифікації систем для вибору і обґрунтування структури математичної моделі об'єкта керування у зоні висушування машини з використанням нечіткої логіки.

Наукова новизна. Визначено найбільш важливі параметри виробничого процесу для технологічних зон висушування, які потрібно враховувати при удосконаленні математичної моделі та які найбільше впливають на розподіл температур теплоносіїв газоповітряних потоків і витрати енергоносіїв, при цьому враховано вплив температури теплоносіїв сусідніх зон на цей процес. Встановлені закономірності для повторного використання температур відпрацьованих теплоносіїв газоповітряного потоку. Визначено оптимальний розподіл температур теплоносіїв газоповітряного потоку за зоною висушування, що забезпечує стабілізацію теплового режиму.

Практична значимість. Використання автоматизованого керування процесом термічної обробки обкотишів зі змінними параметрами температур теплоносіїв газоповітряних потоків надає додаткові можливості для підвищення ефективності використання випалювальної машини конвеєрного типу. Підвищення ефективності виробництва обкотишів забезпечують шляхом раціонального використання теплоносіїв ГПП за технологічними зонами і повторного використання відпрацьованих цих теплоносіїв ГПП перед викиданням їх в атмосферу. Розроблено апаратно-програмну реалізацію системи автоматизованого керування процесом термічної обробки обкотишів зі змінними параметрами температур теплоносіїв газоповітряних потоків

Результати. Удосконалено математичну модель, що апроксимує динаміку термічного процесу обробки обкотишів в зонах машини, на основі рішення систем нечітких функцій, і принципів параметричної ідентифікації. На основі математичного моделювання проведено дослідження з метою визначення оптимального розподілу температур теплоносіїв газоповітряного потоку за зоною висушування, що забезпечує стабілізацію теплового режиму. Встановлено закономірності для повторного використання відпрацьованих теплоносіїв газоповітряних потоків.

Ключові слова: автоматизоване керування, випалювальна машина конвеєрного типу, теплоносії, технологічні зони, термічне оброблення обкотишів, нечітка логіка, моделі

doi: 10.31721/2306-5451-2020-1-50-179-186

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Складність агрегатів і технологій у значній мірі ускладнюють вирішення раціонального використання сировинних і паливно-енергетичних ресурсів технологічними агрегатами, особливо важливих для енергоємних виробництв при високій якості готової продукції металургійної промисловості. Одним із таких технологічних агрегатів є випалювальна машина конвеєрного типу (ВМКТ), яка використовується для термічного оброблення залізрудних обкотишів на фабриках огрудкування (ФОГ) гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК). ВМКТ являють собою складну енергетичну систему, що забезпечує процес термічної обробки залізрудних обкотишів, вироблених із дрібнодисперсних концентратів, і є одними з найбільш енерговитратних об'єктів аглодоменного переділу. При виробництві обкотишів значна енергоємність властива процесам їх термічного оброблення на ВМКТ, які включають використання теплоносіїв газоповітряних потоків (ГПП) у технологічних зонах (ТЗ) машини при переміщенні їх на візках конвеєрної стрічки (КС) упродовж випалювальної машини конвеєрного типу із забезпеченням нормованих фізико-хімічних процесів за рахунок оптимального управління виробництвом обкотишів із концентратів різного хімічного складу, ступеня окислення та добавками. У структурі собівартості виготовлених обкотишів питому вагу займають операції їх термічного оброблення, що обумовлені високими енерговитратами. До основних факторів, що впливають на енерговитрати ВМКТ відносять гранулометричні характеристики, фізико-хімічні властивості сирих залізрудних обкотишів і ефективне використання теплоносіїв ГПП упродовж технологічних зон випалювальної машини. Враховуючи, що термічні процеси виробництва обкотишів проходять послідовно у різних ТЗ, підвищення ефективності виробництва обкотишів у цілому може бути забезпечено шляхом раціонального використання теплоносіїв ГПП за технологічними зонами і повторного використання відпрацьованих цих теплоносіїв ГПП перед викиданням їх в атмосферу. Значну частину теплових витрат у ВМКТ становить фізична теплота відпрацьованих (відхідних) теплоносіїв ГПП, використання якої може бути відрегульовано на підвищення ефективності термічного процесу виробництва обкотишів. Тому актуальними стають питання дослідження закономірностей і процесів, що протікають у ТЗ при зміні параметрів теплоносіїв ГПП, і розробці викладених технічних рішень, що забезпечать їх ефективне використання.

Аналіз досліджень і публікацій. Як показує аналіз результатів досліджень, що представлені у багатьох наукових роботах [1–5], параметри теплоносіїв ГПП суттєво впливають на термічне оброблення обкотишів на випалювальній машині, що потребує їх діагностування і

керування. Проте визначення цих й інших параметрів на виробничому обладнанні практично неможливо виконати. Тому одні дослідники пропонують застосування різних моделей [6 – 9], інші – більш перспективний напрямок. До недоліків математичних моделей можна віднести нехтування теплообміном між сирими обкотишами та вже випаленими. Моделі не враховують вплив температури теплоносіїв ГПП, що відходять із зон випалювання та рекуперації на зони висушування та попереднього нагрівання, на термічний процес виготовлення обкотишів. У роботах [10, 11] представлено результати досліджень керування ТП із використанням нечітких множин. Тут розглядаються адаптивні нечіткі системи керування, які, виходячи з інформації про якість процесу, проводять корекцію правил таблиць нечіткого виведення для збереження заданої якості процесів керування при зміні значень параметрів об'єкта, що виходять за допустимі межі. Автоматизація синтезу регуляторів и наглядачів стану в середі пакету MATLAB представлена в [12]. В інших роботах [14, 15] авторами встановлено, що система з нечітким контролером (НК) забезпечує зменшення в середньому на $2 \text{ м}^3/\text{год}$ споживання природного газу, більш рівномірно забезпечує газопроникність шару обкотишів, що призводить до збільшення швидкості фільтрації газового потоку та інтенсифікації процесу теплообміну в цьому шарі. Розроблена модифікована методика [16] побудови систем управління ТП на основі нечітких діаграм дозволяє домогтися більш високого рівня деталізації протікання технологічного процесу в силу відображення не тільки факту його зміни, а й тенденції його розвитку за рахунок обліку відомостей про знаки першої і другої похідних. У результаті дослідно-промислових випробувань встановлено, що промислове впровадження розробленої автоматизованої системи може забезпечити підвищення ефективності технологічного процесу приблизно на 1 %. Інші нечіткі моделі [10, 17] і правила для управління технологічними процесами стосовно інформаційних систем засновані на аналізі та управлінні фізико-хімічними та тепло- і масо об'ємними процесами випалювання. Надання рекомендацій щодо управління об'єктами складаються з двох етапів: визначення технологічного стану частин (зон) та знаходження керуючих впливів за вектором станів цих частин. Ще одним дослідженням є системи з регуляторами нечіткої логіки [15, 16], які дозволяють більш рівномірно забезпечувати газопроникність шару обкотишів, що призводить до збільшення швидкості фільтрації газового потоку та інтенсифікації процесу теплообміну в шарі обкотишів. Основні параметри досліджуваних систем змінюються в різних діапазонах для вакуум-камер. Як показує аналіз наукових праць [2], наявний математичний апарат не дозволяє отримати результати досліджень, що поліпшують енергоефективність газодинамічних характеристик при термічному процесі виготовлення обкотишів. Тому використання алгоритмів нечіткої логіки дозволяє розбити універсальні множини на окремі області, вирішуючи оптимальне керування перерозподілом теплоносіїв ГПП упродовж технологічних зон ВМКТ. При реалізації регулятора з описом нечітких множин застосовуються функції трикутної та трапецеїдальної форми [15]. Результатом використання регулятора нечіткої логіки (РНЛ) є здатність забезпечити якісне керування процесом висушування обкотишів у ТЗ ВМКТ.

Постановка завдання. Таким чином, наукові дослідження та виконаний аналіз наукової літератури показали, що математичне моделювання теплових, ГПП і фізико-хімічних процесів у технології термічного виготовлення обкотишів склали наукову базу для створення інноваційної схеми подачі теплоносіїв ГПП до випалювальної машини. Використання алгоритмів нечіткої логіки дозволяє розбити універсальні множини на окремі області об'єкта управління для оптимального керування. Результати досліджень математичних моделей у наукових працях не дозволяють розробити технічні рішення, що покликані забезпечити поліпшення газодинамічних характеристик у шарі обкотишів і технологічних зонах висушування випалювальної машини. Запропоновані ними моделі не враховують вплив температури теплоносіїв ГПП сусідніх зон на цей процес, відсутній автоматизований перерозподіл використаних теплоносіїв ГПП. Тому керування тягодуттьовими пристроями потребує доповнення схемою автоматизації, яка враховує технологічні параметри теплоносіїв ГПП, такі як: тиск, температура, витрати тощо.

Метою роботи є забезпечення підвищення ефективності автоматизованого керування процесом термічного оброблення залізородних обкотишів у технологічних зонах висушування шляхом розробки принципів, структури та дослідження роботи системи керування на основі нечіткої логіки про стан теплоносіїв газоповітряних потоків і основних параметрів технологічних зон випалювальної машини.

Для досягнення поставленої мети необхідно: визначити вхідні та вихідні найбільш важливі параметри виробничого процесу для технологічних зон висушування, які потрібно враховувати при використанні математичної моделі та які найбільше впливають на розподіл температур теплоносіїв газоповітряних потоків і витрати енергоносіїв; на основі моделювання провести чисельні дослідження з метою визначення оптимального розподілу температур теплоносіїв газоповітряного потоку у технологічних зонах, що забезпечують стабілізацію теплового режиму процесів висушування; встановити закономірності для повторного використання температур відпрацьованих теплоносіїв газоповітряного потоку.

Викладення матеріалу та результати. При переході візків КС з обкотишами із технологічної зони висушування I (ZC1) у другу технологічну зону висушування (ZCII) випалювальної машини необхідно враховувати вихідні параметри ZC1 для моделі нечіткої логіки, які впливають на роботу ZCII. Так, для ZC1 вхідними параметрами є: висота шару обкотишів $H1$, мм, вміст вологи $W1$, % та основність Oc , частка одиниці, швидкість V_{kv} , м/с переміщення візків (КС), температура ГПП T_{p1} , °C, що відходить із другої технологічної зони охолодження. До вихідних параметрів відносяться температура верхнього шару обкотишів T_{sh1} , °C, висота їх шару $H2$, мм і вміст вологості обкотишів $W2$,%. T_{sh} — є важливим параметром для врахування температурного розподілу шару обкотишів у технологічних зонах високих температур та технологічної зони охолодження для врахування необхідної кількості палива та оптимального тиску теплоносіїв ГПП для проходження через шар обкотишів, що знаходяться на візках КС у ZC1. Кожний параметр вихідного вектору $[T_{sh1}; W2; H2]$ ZC1, як показують результати виробничого процесу, змінюється у широкому діапазоні та залежить від інших значень параметрів вхідного вектору $[W1; H1; T_{p1}; V_{kv}; Oc]$. Використовуючи вхідні та вихідні вектори параметрів ZC1 та їхній взаємозв'язок розроблена модель для керування процесом термічного оброблення обкотишів у цій зоні. На рис. 1 а представлено модель із РПЛ «Fuzzy Regulator» у пакеті математичного моделювання Matlab/Simulink, а на рис.1 б – результати моделювання процесу термічного оброблення обкотишів на ВМКТ. РНЛ працює за заданими правилами нечіткої логіки за алгоритмом Мамдані. У робочій області, що представлена на рис.2 а, реалізовано РНЛ. У підпрограмі «Fuzzy» функцією «Add Variable...», задано кількість вхідних і вихідних змінних для РНЛ (табл. 1, 2). Графічне зображення функцій приналежності, наведено на рис. 2 б.

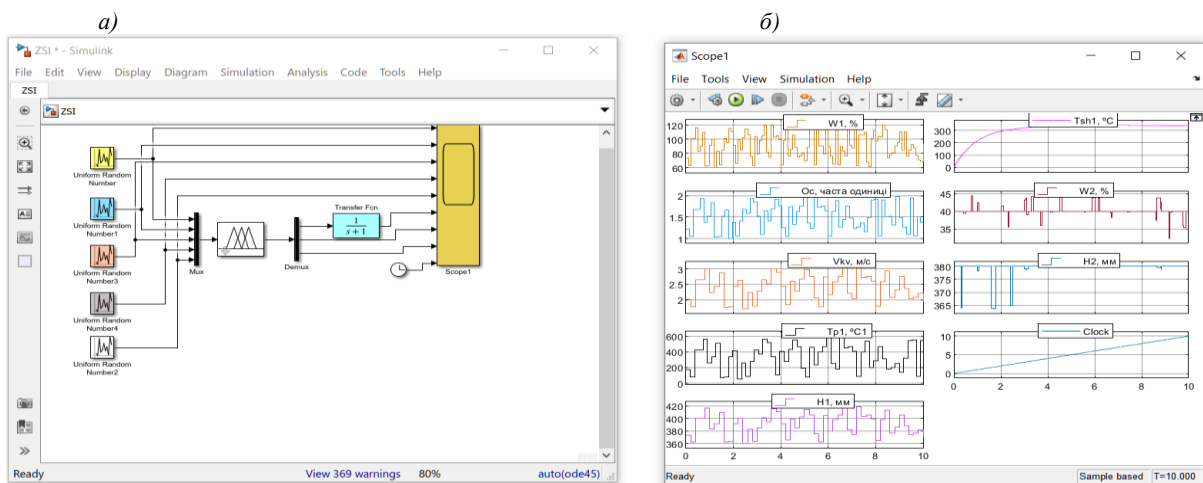


Рис. 1. Модель процесу випалювання обкотишів і результати моделювання процесу термічного оброблення залізородних обкотишів у ZC1 на випалювальній машині

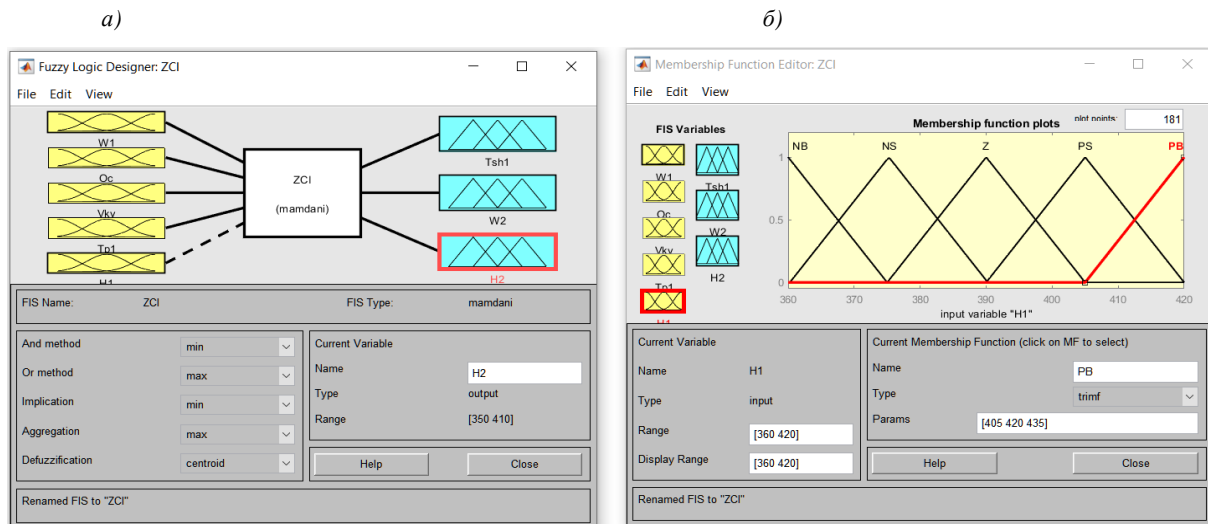


Рис.2. Модель із РПЛ «Fuzzy Regulator» (а), результати моделювання процесу термічного оброблення обкотишів – параметри функцій належності для технологічних зон ZC1 (б)

Таблиця 1

Параметри вектора входу моделі нечіткої логіки для ЗС1

Найменування параметра	Позначення параметра	Граничне значення параметра	
		min	max
Вологість обкотишів, %	W1	85	90
Висота шару обкотишів, мм	H1	250	400
Температура ГПП, °С	T _p 1	300	350
Швидкість переміщення візків КС, м/с	V _{kv}	0.72	2.52
Основність обкотишів	Oc	0.7	1.56

Таблиця 2

Параметри вектора виходу моделі нечіткої логіки для ЗС1

Найменування параметра	Позначення параметра	Граничне значення параметра	
		min	max
Температура верхнього шару обкотишів, °С	T _{sh} 2	300	350
Вологість обкотишів, %	W2	35	45
Висота шару обкотишів, мм	H2	245	392

Після завдання правил, виберемо команду меню «View→View surface» і перейдемо до вікна перегляду поверхні відгуку (виходу). Змодельоване системою відображення показує залежність виходу від конкретних значень вхідних величин. У полі Output можна вибрати вихід, для якого необхідно переглянути залежність від вхідних параметрів. За допомогою вищевказаних програм-редакторів на будь-якому етапі проектування нечіткої моделі до неї можна внести необхідні корективи аж до завдання будь-якої особливої функції належності. На рис. 3 наведено скріншоти вікон перегляду поверхні відгуку в Simulink для ZC1.

При виборі варіантів режимів роботи технологічної зони висушування очевидно, що ті режими будуть переважними, які в найкращій мірі забезпечують поліпшення якісних показників випалених обкотишів при оптимальних параметрах виробничого процесу для досягнення найбільшої ефективності. При моделюванні нечіткого керування роботою технологічних зон висушування головна увага була приділена вибору оптимального технологічного режиму для забезпечення регламентного значення температури верхнього шару обкотишів на візках КС при мінімальних значеннях теплоносіїв ГПП, що використовуються із другої зони охолодження.

Для побудови моделей використано експериментальні дані ВМКТ типу LURGI-278A з ділянки випалювання ФОГ ПрАТ «Північний ГЗК», які контролюють безпосередньо параметри технологічних зон ZC1 згідно технологічного процесу.

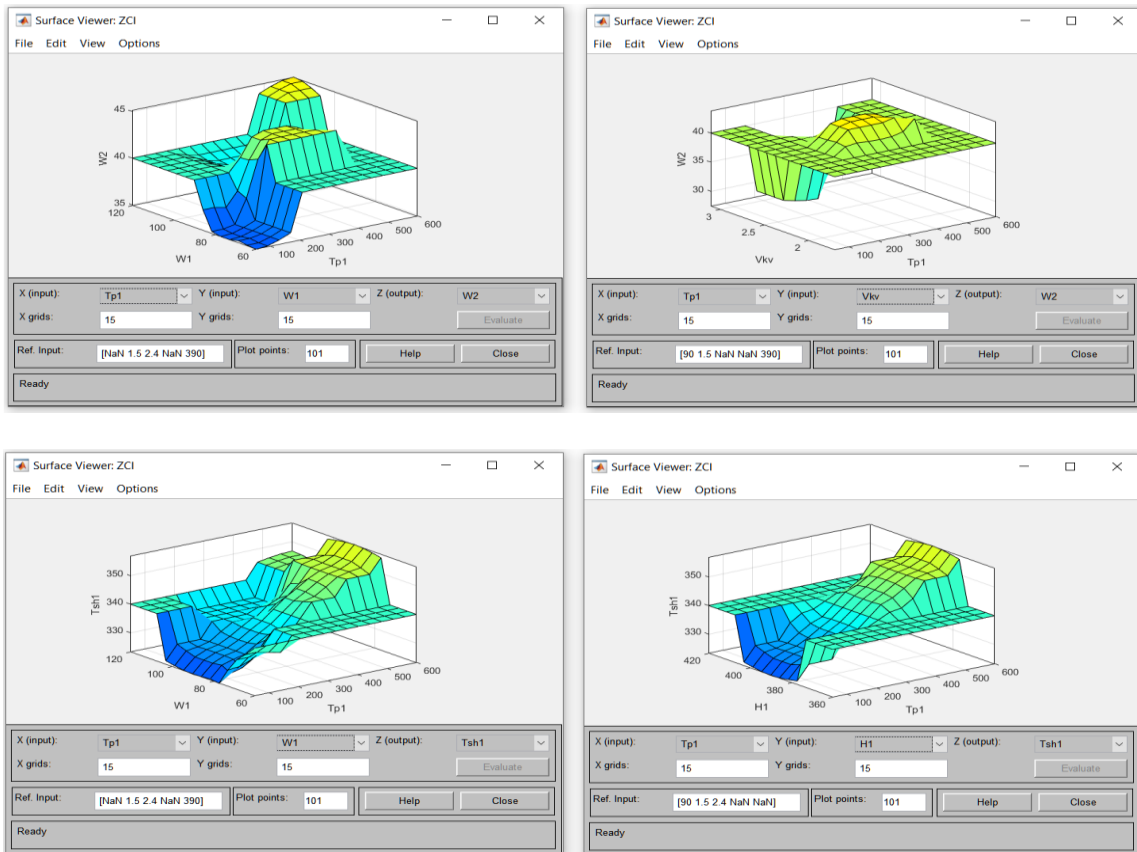


Рис. 3. Поверхні відгуку в Simulink для ZCI

На графіку рис. 4 а відображається зміна температури верхнього шару обкотишів, °C, при трьох значеннях $S = 0.2; 1.0$ і 3.0 , а на рис. 4б – витрати електричної енергії, кВт/год при трьох значеннях $S = 0.2; 1.0$ і 3.0 .

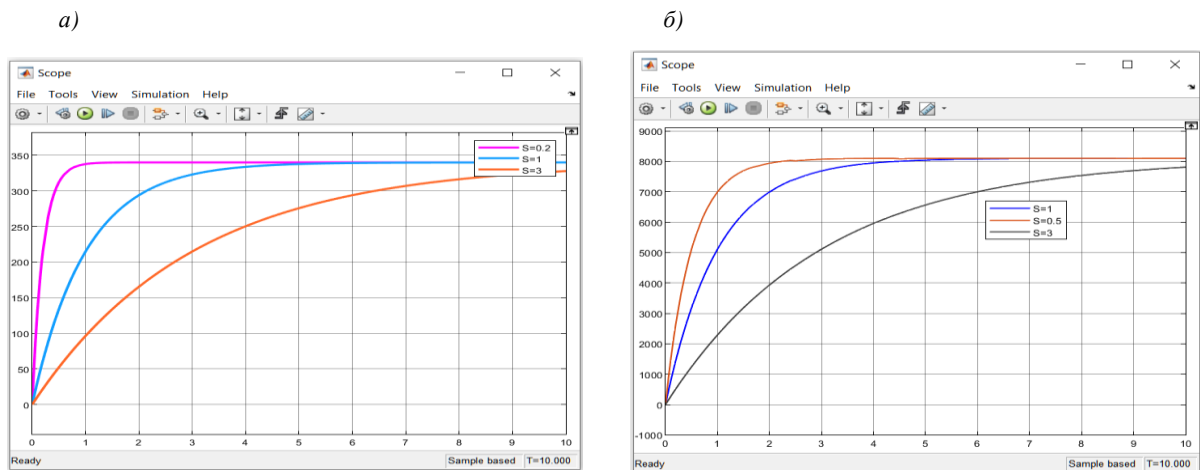


Рис.4. Графіки зміни температури верхнього шару обкотишів та витрати електричної енергії: а – температури верхнього шару обкотишів, °C і б – витрати електричної енергії, кВт/год

Висновки та напрямок подальших досліджень. Визначено вхідні та вихідні параметри виробничого процесу для ТЗ висушування, які є найбільш важливі та які потрібно враховувати при моделюванні. Встановлено які технологічні параметри найбільше впливають на розподіл температур теплоносіїв газоповітряних потоків і витрат енергоносіїв у першій зоні висушування. На основі моделювання проведено чисельні дослідження з метою визначення оптимального розподілу температур теплоносіїв газоповітряного потоку за ТЗ, що забезпечують стабілізацію теплового режиму процесу висушування обкотишів. Встановлені законо-

мірності для повторного використання температур відпрацьованих теплоносіїв газоповітряного потоку. Показано підвищення ефективності автоматизованого керування процесом термічного оброблення залізородних обкотишів у ТЗ висушування шляхом розробки принципів, структури та дослідження роботи системи керування на основі нечіткої логіки з урахуванням теплоносіїв газоповітряних потоків і основних параметрів технологічних зон ВМКТ. Це дозволить стабілізувати температурний режим обробки обкотишів за ТЗ та скоротити обсяг споживання енергоносіїв установкою.

Список літератури

1. **Буткарев А.А.** Исследование и совершенствование процесса управления термообработкой окатышей на обжиговых конвейерных машинах / А.А. Буткарев // Сталь. – 2011 – № 5. – С. 4-8.
2. **Lobov V. I.** Temperature distribution model of the iron ore pellets layer inside the combustion chamber of the belt kiln burning zone / **V. I. Lobov, M. O. Kotliar** // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. – 2015. – № 2. – Р. 109 – 117.
3. **Рубан С.А.** Автоматизація процесу керування термічною обробкою залізородних обкотишів з використанням прогнозуючих ANFIS-моделей: автореф. дис. канд. техн. наук : 05.13.07 / С.А. Рубан // КТУ. – Кривий Ріг, 2011. – 20 с.
4. **Лобов В. Й.** Технологія віртуальних пристроїв для автоматизації виробничих процесів: навчальний посібник / **В. Й. Лобов, К. В. Лобова, О. В. Митрофанов**. — Кривий Ріг, 2019. — 326 с.
5. **Мальшева Т. Я.** Технологические аспекты производства окатышей из магнетитовых руд / **Т. Я. Мальшева, Ю. С. Юсфин, С. В. Плотников** // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия*. — 2011. — № 9, — С. 3 – 5.
6. Технологическая инструкция по обжигу железородных окатышей на обжиговой машине ОК-1-324/336. Система качества. ДСТУ ISO 9001-2001.СТП ЦГОК -11- 2010. – 19 с.
7. Development and application of pellet induration model / **Bayard Beling Morales, André Carlos Contini, Leonardo Barboza Trindade, Luiz Felipe Kusler Possani, Anderson Willian de Souza Baltazar, Magno Rodrigues Ribeiro** // *Technical contribution to the 6th International Congress on the Science and Technology of Ironmaking – ICSTI*. Rio de Janeiro. 2012. P. 61–68.
8. Mathematical models of iron ore pellet induration-validation and application / **Cross M.A., Bogren E.C., Wakeman J.S., Frans R.D.**, // *Appl. Math. and Phys. Models Iron and Steel Ind. Porc. 3 rd Process Techonol. Conf.*, Pittsburgh, Pa, 28–31 March, 1982. Vol. 3, New York, N.Y., 1982. – P 101–109.
9. **Пирматов, Д.С.** Повышение эффективности управления обжигом окатышей в конвейерной обжиговой машине [Текст] / **В.А. Кривonosов, Д.С. Пирматов** // *Материалы научно-технической конференции информационные технологии в металлургии и машиностроении*. Днепропетровск, 26 – 28 марта 2013 г. Днепропетровск: НацМетАУ, 2013. – С.50-52
10. **Козак Ю. А.** Нечеткая адаптивная система управления обжигом Клинкера во вращающейся печи / **Ю. А. Козак, В. С. Михайленко** // *Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*. — Кіровоград : КНТУ, 2012. — № 17. — С. 257 – 264
11. **Пирматов, Д.С.** Оптимизация режима термообработки окатышей в АСУ /ГП конвейерной обжиговой машины [Электронный ресурс] / **В.А. Кривonosов, Д.С. Пирматов** // «Инженерный вестник Дона», 2013, №3.
12. **Толочко О.И., Федоряк Р.В.** Автоматизация синтеза регуляторов и наблюдателей состояния в среде пакета MATLAB // *Труды всероссийской научной конференции “Проектирование научных и инженерных приложений в среде MATLAB”* – М.: ИПУ РАН, 2002. – С. 482-496.
13. **Краснова С.А.** Каскадный синтез наблюдателей состояния динамических систем/ **С.А. Краснова, В.А. Уткин**; [отв. Ред. **А.П. Курдюков**]; *Ин-т проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН*. –М.: Наука, 2006. – 272 с.: 38 ил. – ISBN 5-02-033678-5 (в пер.).
14. **Малишев О. І.** Нейронная система управления процессом обжига клинкера во вращающихся печах / **О. І. Малишев, В. О. Ужеловський** // *Вісник ПДАБА*. — 2015. — № 7. — С. 84 – 91.
15. **Лобов В. Й.** Нечітке управління режимом термічної обробки залізородних котунів на конвєсрній машині / **В. Й. Лобов, К. В. Лобова** // *Вісник приазовського державного технічного університету*. — 2017. — № 34.
16. **Ващенко Р. А.** Советующая система управления цементной печью на основе нечетких диаграмм поведения ее узлов: автореф. дис. на соискание научн. степени канд. техн. наук: спец. 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами» / **Р. А. Ващенко**. — Белгород, 2018. — 17 с.
17. **Бураков М. В.** Синтез нечетких логических регуляторов / **М. В. Бураков, А. С. Коновалов** // *Информационно – управляющие системы*. — 2011. — № 1. — С. 22 – 27.

Рукопис подано до редакції 22.04.2020