

Міняйло Наталія Олександрівна, доцент, кандидат технічних наук, інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, Запорізький національний університет, ORCID: 0000-0002-0628-5188

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО УПРАВЛІННЯ РАЦІОНАЛЬНИМ РЕЖИМОМ РОБОТИ РУДНОГО ДВОРУ ЗА УМОВ УСЕРЕДНЕННЯ СИРОВИНИ

Процеси підготовки шихти металургійної сировини до агломерації та переділу відносяться до процесів, що характеризуються складністю вимірювання головних технологічних параметрів, їх невизначеністю, наявністю взаємовпливових внутрішніх зв'язків, транспортним запізнюванням на управляльні впливи, тому розробка систем управління такими процесами передбачає наявність математичних моделей прогнозування та розрахунку рекомендацій на упередження. Розглядається питання створення системи підтримки прийняття рішень щодо управління процесом усереднення сипких матеріалів на рудному дворі металургійного підприємства з метою забезпечення стабільного хімічного складу сировини. За допомогою математичних моделей, побудованих на базі балансового методу та теорії нечітких множин, описують кожний етап процесів перевантаження сировини, виконують прогнозування її хімічного складу у полях приймальної траншеї, в обсязі грейфера перевантажувача, гребня та шару штабеля та розраховують рекомендації для розвантаження партій і класів сипких матеріалів, які надходять на підприємство з гірничо-збагачувальних комбінатів.

Ключові слова: сировина, рудний двір, перевантаження, усереднення, моделювання, система управління, алгоритм, програма

Вступ. Створення автоматизованих систем управління для об'єктів, що характеризуються складністю вимірювання основних технологічних параметрів, їх невизначеністю або необхідністю прогнозування, наявністю взаємовпливових внутрішніх зв'язків, транспортним запізнюванням у контурах управління, передбачає виконання науководослідних робіт на етапі формування та вибору концепції автоматизованої системи управління технологічним процесом (АСУТП) з метою пошуку нестандартних підходів та рішень на базі розроблених математичних моделей.

Процеси, що пов'язані з підготовкою шихти, відносяться саме до таких об'єктів. Наприклад, складність процесу усереднення хімічного та гранулометричного складу залізородних матеріалів на відкритих дворах зі штабельною схемою зумовлена його багатостадійністю, масовістю, використанням різного технологічного обладнання та технологічними обмеженнями, а також відсутністю чіткої інформації про параметри сировини на кожному етапі її транспортування, перевантаження, усереднення та грудкування [1]. Тому формування алгоритмів та пошук підходів під час створення АСУТП, потрібно виконувати із застосуванням математичних моделей, що з деякою долею ймовірності дозволяють описувати фізико-хімічні процеси, прогнозувати поточний стан сипких матеріалів і визначати оптимальні значення технологічних параметрів на кожному етапі підготовки сировини та формувати необхідні значення управляльних впливів з мінімальним часом запізнювання.

Ефективність технологічного процесу агломерації шихтових матеріалів та доменного переділу металургійних підприємств визначається їх базою сировини і якістю підготовки залізородних матеріалів на рудних дворах. Забезпечення необхідної продуктивності агломераційних фабрик і доменних печей здійснюється в результаті поставок

одного виду металургійної сировини від декількох постачальників або гірничо-збагачувальних комбінатів (ГЗК), що призводить до додаткових коливань хімічного і гранулометричного складу у загальному об'ємі [2]. Для підвищення однорідності речовинного складу шихтових матеріалів на рудних дворах використовують різні схеми їх усереднення а накопичення, які залежать від пропускну здатності складу, структури його формування та рівня механізації.

Існуючі системи контролю й управління розподілом сировини та роботою технологічного обладнання за її усередненням полягають у видаванні бригадиром рудного двору рекомендацій щодо розвантаження сипких матеріалів до приймальної траншеї та розподілу робіт між механізмами на території складу. При цьому ведеться статистичний облік кількості сировини, що подають на рудний двір підприємства, та середній хімічний склад матеріалу, що перевантажують зі складу у приймальні бункери агломераційного та доменного цехів. Такі системи дають змогу забезпечити задовільну організацію робіт, максимальну швидкість розвантаження сировини, що надходить на рудний двір, стабільність маси матеріалів у полях приймальної траншеї та штабеля. Недоліком систем є низькі показники процесу усереднення хімічного складу залізородних матеріалів, що зумовлено наявністю технологічних обмежень і відсутністю засобів контролю ефективності перевантажень сировини на кожному етапі її усереднення. Це не дозволяє оперативно отримувати інформацію та виконувати необхідне коригування в даний процес.

Постановка завдання. Основним завданням створеної системи підтримки прийняття рішень (СППР) є одержання сипкого матеріалу з максимально стабільним хімічним складом за оптимальної роботи та раціонального розташування технологічного обладнання на території складу. Система повинна на основі моделей процесу перевантаження матеріалів і прогнозування хімічного складу шихтових матеріалів вести облік та аналіз змінювання хімічного та гранулометричного складу сировини на кожному етапі її усереднення, розраховувати і видавати рекомендації з розвантаження різних класів сировини з залізничних вагонів.

Головна частина. Основою СППР є математичний опис процесів перевантаження сировини на рудному складі. Виконані науково-дослідні роботи [3; 4] дозволили встановити, що у процесі приймання, перевантаження та складування залізородної сировини на рудному дворі значення технологічних параметрів і факторів змінюються в деяких межах і містять невизначеність через складність достовірного їх вимірювання. На підставі отриманих висновків було знайдено підхід до вирішення задач ідентифікації хімічного складу а фізичних властивостей залізородних матеріалів на кожному етапі їх перевантаження на рудному дворі на базі балансового методу [5; 6] та теорії нечітких множин [7; 8].

Для раціонального формування багат шарових штабелів зі стабільним хімічним складом необхідно уявляти послідовність процесів перевантаження металургійної сировини за заданої структури формування складу усереднення та знати параметри сипких матеріалів на кожному етапі їх перевантаження.

Перевантаження сипкого матеріалу на рудному дворі під час його усереднення здійснюють у два етапи з дотриманням основного балансу:

$$M^m = M^T + M^{um}, \quad (1)$$

де M^m – маса матеріалу, що подано з ГЗК, т; M^T – маса матеріалу, що знаходиться у приймальній траншеї, т; M^{um} – маса матеріалу, що знаходиться у штабелі, т.

Згідно рівняння (1), вміст заліза в об'ємі матеріалу, що знаходиться в полях приймальної траншеї, залежить від кількості та хімічного складу сировини, вивантаженої із залізничних вагонів, що надійшли, мінус кількість матеріалу, який перевантажено

РГП у штабель, що формується, до надходження наступної партії сировини. Відповідно у приймальні траншеї формується багатошаровий об'єм матеріалу, який можна описати системою рівнянь:

$$\begin{aligned}
 M_{11}^T + M_{12}^T + M_{1i}^T + \dots M_{119}^T &= M_{1\Sigma}^M \\
 M_{21}^T + M_{22}^T + M_{2i}^T + \dots M_{219}^T &= M_{2\Sigma}^M \\
 &\dots\dots\dots \\
 M_{m1}^T + M_{m2}^T + M_{mi}^T + \dots M_{m19}^T &= M_{m\Sigma}^T \\
 \\
 X_{11}^{T_cep} \cdot M_{11}^T + X_{12}^{T_cep} \cdot M_{12}^T + X_{1i}^{T_cep} \cdot M_{1i}^T + \dots + X_{119}^{T_cep} \cdot M_{119}^T &= X_1^{M_cep} \cdot M_{1\Sigma}^M \\
 X_{21}^{T_cep} \cdot M_{21}^T + X_{22}^{T_cep} \cdot M_{22}^T + X_{2i}^{T_cep} \cdot M_{2i}^T + \dots + X_{219}^{T_cep} \cdot M_{219}^T &= X_2^{M_cep} \cdot M_{2\Sigma}^M \\
 &\dots\dots\dots \\
 X_{m1}^{T_cep} \cdot M_{m1}^T + X_{m2}^{T_cep} \cdot M_{m2}^T + X_{mi}^{T_cep} \cdot M_{mi}^T + \dots + X_{m19}^{T_cep} \cdot M_{m19}^T &= X_m^{M_cep} \cdot M_{m\Sigma}^M \\
 X_1^{M_cep} \cdot M_{1\Sigma}^M + X_2^{M_cep} \cdot M_{2\Sigma}^M + \dots + X_m^{M_cep} \cdot M_{m\Sigma}^M &= X^{T_cep} \cdot M_{\Sigma}^T
 \end{aligned} \tag{2}$$

де M_{mi}^T – маса матеріалу m -го шару i -го поля, т; $M_{m\Sigma}^T$ – сумарна маса матеріалу m -го шару приймальної траншеї, т; $X_{mi}^{T_cep}$ – середній вміст хімічного компонента в матеріалі m -го шару i -го поля,%; $X_m^{M_cep}$ – середній вміст хімічного компонента в матеріалі m -го шару приймальної траншеї,%; X^{T_cep} – значення середнього вмісту хімічного компонента в матеріалі приймальної траншеї,%; M_{Σ}^T – маса матеріалу в приймальній траншеї, т.

Під час перевантаження матеріалу з вагонів до приймальної траншеї для оцінки її заповнення обчислюють висоту одержаного шару (h_i) в кожному полі залежно від маси матеріалу, геометричних розмірів поля траншеї та щільності сировини.

Перевантаження матеріалу з приймальної траншеї в штабель здійснюють за допомогою РГП. Характеристика гребеня поля штабеля, якого закладають, відповідає параметрам сировини, що знаходиться в об'ємі грейфера. Вміст хімічного компонента в об'ємі матеріалу грейфера залежно від глибини його заглиблення визначається з системи, що наведено у роботі [9]:

$$X^{cp} = \begin{cases} X_1 & \text{якщо } h^{загл} \leq h_1 \\ \sum_{i=1}^{m-1} \frac{h_i}{h^{загл}} \cdot (X_i - X_m) + X_m, & \text{якщо } \sum_{i=1}^{m-1} h_i < h^{загл} \leq \sum_{i=1}^m h_i \\ \frac{\sum_{i=1}^m h_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^m h_i}, & \text{якщо } \sum_{i=1}^m h_i < h^{загл} \leq h^{загл_max} \end{cases} \tag{3}$$

де $h^{загл_max}$ – максимально можлива глибина заглиблення грейфера, що зумовлено його конструкцією, м; X^{cp} – вміст хімічного компонента в матеріалі грейфера,%; X_i – вміст хімічного компонента в i -ому шарі матеріалу,%; $h^{загл}$ – заглиблення грейфера, м; h_i – висота i -го шару, м; i – номер шару, $i \in [1, m]$.

Кількість РГП необхідних для перевантаження матеріалу з траншеї в штабель за проміжок часу між подачею маршрутів (ΔT) залежить від часу виконання РГП циклічних

операцій; маси матеріалу, що необхідно перевантажити РГП за ΔT ; фактичного часу роботи РГП; часу, що необхідно вагоперекидачу для вивантаження матеріалу; маси матеріалу в об'ємі грейфера.

Система n -рівнянь для штабелю, відповідає кількості шарів, що закладають. Об'єм шару штабелю характеризується властивостями матеріалу, що знаходиться у всіх полях. Шар поля штабеля є матеріалом, закладеним у гребні.

Під час пошуку способів розподілу сировини щодо фронту розвантаження отримано, що при розподілі матеріалу за масою ($\sum_{i=1}^{p-1} (M_{mi}^T - M_{m(i+1)}^T) \rightarrow \min$) спостерігають значні коливання вмісту заліза за висотою штабелю та між полями. Це призводить до нестійкої роботи наступних дільниць агломераційного цеху. У разі розподілу за вмістом, наприклад, заліза ($\sum_{i=1}^{p-1} (X_{mi}^T - X_{m(i+1)}^T) \rightarrow \min$) спостерігають значні перекоси в траншеї та штабелі за масою, що неприпустимо за технологічною інструкцією та збільшує завантаженість вагоперекидача та РГП для забезпечення рівномірного заповнення приймальних бункерів агломераційного та доменного цехів.

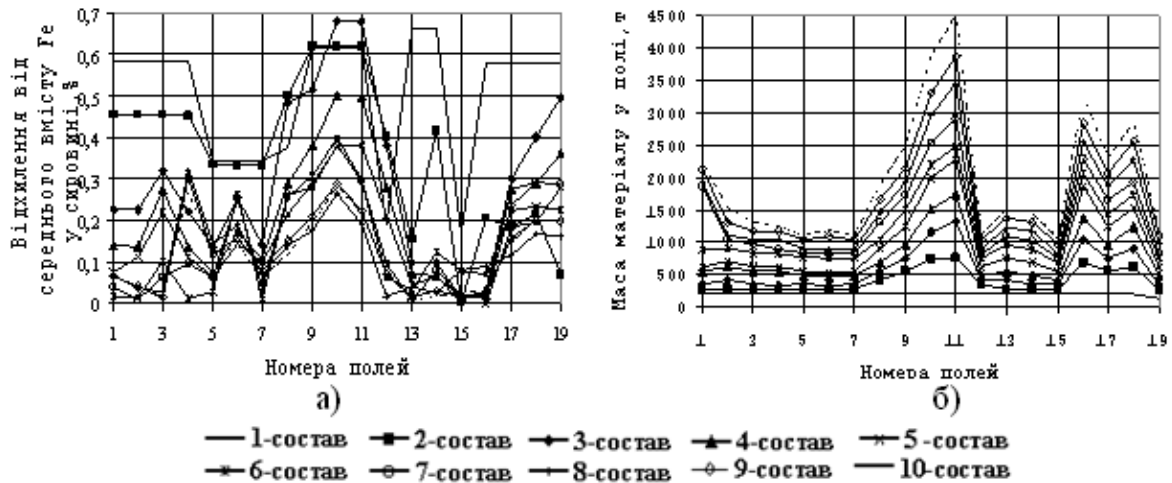


Рисунок 1 – Розподіл матеріалу за полями траншеї залежно від маси (а) та вмісту в ньому заліза (б)

Таким чином, сформульоване завдання раціонального розподілу сировини за полями приймальної траншеї та штабеля полягає в наступному: з маршрутів, що надходять з залізрудним матеріалом різного класу, для кожного з полів приймальної траншеї потрібно вибрати таку кількість вагонів з сировиною, що, у поєднанні з раніше укладеною у полі кількістю матеріалу, забезпечить мінімальне відхилення середнього відсоткового вмісту заліза від заданого. Цільова функція визначається виразом:

$$\Delta X = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^k \left| \frac{X_i^T M_i^T + X_j^M M_{ij}^M}{M_i^T + M_{ij}^M} - X^{сеп} \right| \rightarrow \min, \quad (4)$$

де ΔX – сума відхилень вмісту хімічного компонента в сировині від встановленого значення $X^{сеп}$ за полями приймальної траншеї після розвантаження маршруту, %; i – номери полів приймальної траншеї, ($i = 1, 2, \dots, p$); X_i^T – вміст хімічного компонента в сировині i -го поля приймальної траншеї, %; M_i^T – маса сировини в i -му полі приймальної траншеї, т; X_j^M – вміст хімічного компонента в сировині j -го класу маршруту, що прибув, %; M_{ij}^M – маса сировини j -го класу, яка вивантажена в i -е поле, т.

При розв'язанні задачі оптимізації враховували технологічні особливості роботи рудного двору. Це зумовило наявність наступних обмежень:

- не в кожне поле траншеї та штабеля можна розвантажувати матеріал, що прийшов з маршруту;
- залізорудна сировина має бути повністю вивантаженою з вагону у поле приймальної траншеї;
- має бути здійсненим повне розвантаження маршруту, що прийшов.

При цьому розподіл залізорудного матеріалу за полями приймальної траншеї та штабеля істотно залежить від заданого значення X^{cp} . Якщо X^{cp} – середній вміст заліза в раніше сформованому штабелі, то для штабеля, що формують прийняття значення X^{cp} з деякою помилкою спричинить значні «перекоси» за висотою штабеля між полями. Якщо X^{cp} прийняти як середній зростаючий процентний вміст заліза в сформованому штабелі, то в процесі формування штабелю він буде мінятися, що спричинить значне коливання хімічного складу штабеля по висоті. Якщо X^{cp} – середній процентний вміст заліза в сировині, що надійшла, то він буде мінятися в міру надходження нових маршрутів і спричинить коливання хімічного складу штабеля за його висотою.

Оскільки значення факторів і параметрів, що впливають на стабільність якісних характеристик залізорудних матеріалів знаходяться в деяких межах, то для визначення X^{cp} використовували теорію нечітких множин. Її застосування дозволило встановити взаємозв'язок між значеннями параметрів на рівні логічних висловлювань і вирішити завдання нечіткого виведення [7].

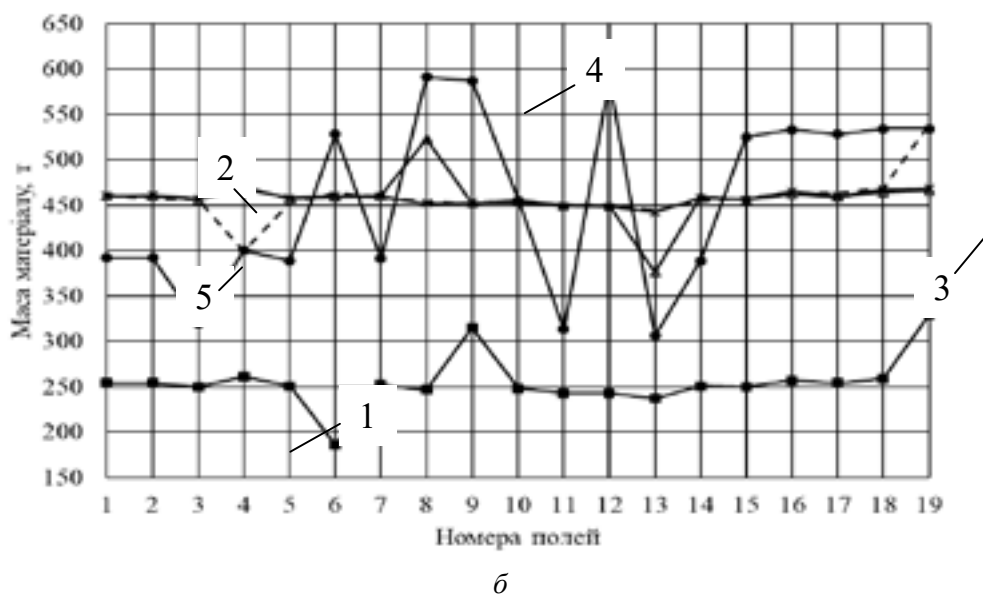
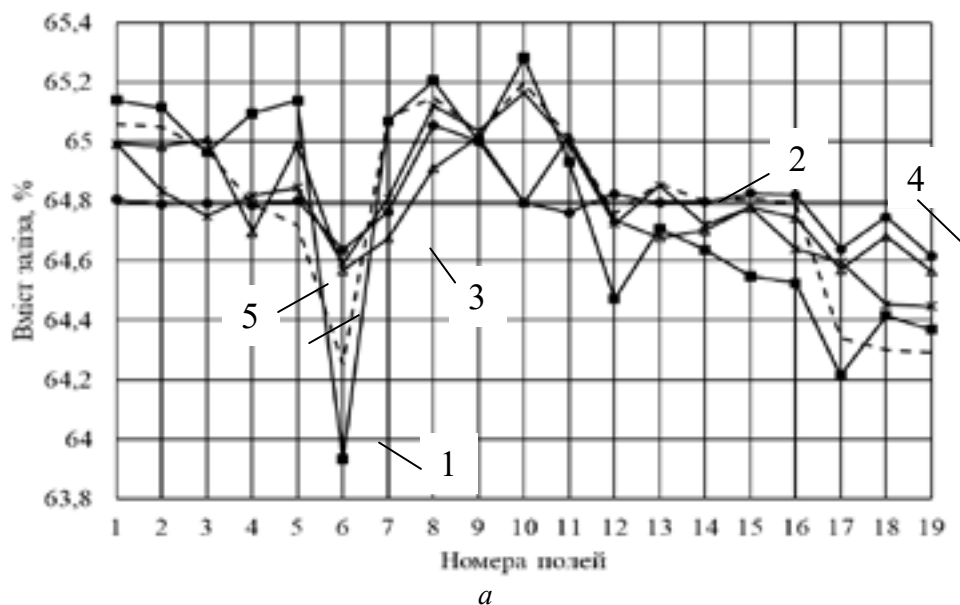
Для всіх факторів на основі експертної оцінки визначено терми та отримано функції приналежності, що дозволило перейти до логічних змінних і на підставі встановлених логічних взаємозв'язків між чинниками, що впливають на ефективність процесу усереднення, розробити бази знань. Методом дефазифікації центра ваги виконано перехід від отриманого нечіткого виведення у чіткі значення.

Для створення нечіткої моделі та здійснення чисельних експериментів використовували програмний пакет MatLab. За допомогою додатку «Fuzzy Logic Toolbox» описували вхідні та вихідні параметри та вказували метод розв'язування. Формування бази знань у вигляді набору правил виконували у редакторі «Rule Editor». Реалізацію нечіткої моделі для використання її в режимі реального часу було виконано у додатку «Simulink».

Пошук шляхів розв'язання завдання оптимізації спрощувався у результаті розгляду розподілу кожного класу сировини окремо. Дане припущення можливо з точки зору особливості формування маршрутів на ГЗК, коли класи залізорудних матеріалів подаються послідовно один за одним.

Як вихідні дані в алгоритмі раціонального розподілу сипких матеріалів на рудному дворі задають їх маса та вміст хімічного компоненту в сировині за полям приймальної траншеї на момент подачі нового маршруту. З паспорту на маршрут вводяться параметри класу сировини (вміст хімічного компоненту в сировині та маса класу). Також розраховують і вводять значення прогнозованого вмісту хімічного компоненту (X^{cp}) після розвантаження всього маршруту, тобто значення вмісту хімічного компоненту, до якого необхідно прагнути за перевантаження всіх класів сировини. Після перевірки «перекосів» матеріалу між полями за масою здійснюють розрахунок ΔX_j при розвантаженні кожного вагону у поля з максимальним і мінімальним вмістом хімічного компоненту. Приймається той з варіантів, що забезпечує виконання $\Delta X_j \rightarrow \min$. Після розвантаження всіх вагонів j -го класу сировини розглядають розвантаження $j+1$ класу. Для реалізації розробленого алгоритму мовою «С» створена відповідна програма.

Результати розрахунків для конкретної виробничої ситуації на прикладі комбінату ПАТ «ЗМК «Запоріжсталь» подано на рис. 2.



$Fe^{ср.уст}, \%$	$M^{max} - M^{min}, т$	$Fe^{ср.факт}, \%$	$\sum \Delta Fe, \%$	Номер кривої
Вихідні дані		64,785	6,346	1
64,79	< 70	64,797	2,977	2
	< 210		2,695	3
	< 350		1,206	4
	Існуючий розподіл		4,390	5

Рисунок 2 – Порівняльні результати розподілу сировини по полях приймальної траншеї рудного двору: а – коливання вмісту заліза у сировині, яка знаходиться у полях приймальної траншеї; б – коливання маси сировини, яка знаходиться у полях приймальної траншеї

При перевантаженні сировини у поля приймальної траншеї значення сумарного відхилення вмісту заліза ($\sum \Delta Fe, \%$) від середнього значення ($Fe^{ср.факт}, \%$) за існуючим на

комбінаті методом становить 4,39%, за запропонованим у роботі підходом, залежно від обмеження коливання маси між полями ($M^{\max} - M^{\min}$), даний показник коливається від 1,2% до 2,98%.

Висновки. Порівняльні результати розподілу матеріалу за полями приймальної траншеї згідно запропонованого підходу та прийнятою, наприклад, на комбінаті ПАТ «ЗМК «Запоріжсталь», методикою показали, що при розподілі сировини, що надходить з ГЗК, відповідно до розробленого алгоритму спостерігають зниження сумарних відхилень вмісту заліза від середнього у 1,5 рази, а коливання за масою матеріалів між полями не перевищує 350 т.

Слід зазначити, що послідовність подавання окремих класів сировини також впливає на змінювання значень розглянутих показників. Якщо середній вміст компонента в матеріалі полів приймальної траншеї нижче встановленого значення, то мінімальні сумарні відхилення досягають під час подавання спочатку класів сировини з високим вмістом заліза та навпаки.

Бібліографічний перелік

1. Зарайский В.Н. Николаев К.П., Казанский С.В. Усреднение руд. Москва : Недра, 1975. 296 с.
2. Миняйло Н.А., Пазюк М.Ю., Николаенко А.Н. Анализ стабильности состава сырья, поступающего на металлургический комбинат «Запорожсталь». *Металлургия* : сб. научн. трудов. Запорожье : ЗГИА, 2001. Вып. 5. С. 14–17.
3. Миняйло Н.А., Николаенко А.Н. Исследование эффективности усреднения железорудного сырья в процессе его подготовки к окускованию. *Металлургия* : сб. научн. трудов. Запорожье : ЗГИА, 2002. Вып. 7. С. 9–12.
4. Миняйло Н.А., Пазюк М.Ю. Эффективность усреднения железорудного сырья на ОАО «Металлургический комбинат «Запорожсталь». *Металургія* : зб. наук. праць. Запоріжжя : ЗДІА, 2004. Вип. С. 16–20.
5. Пазюк Ю.М., Пазюк М.Ю., Миняйло Н.А. Применение балансового метода для исследования и моделирования процессов подготовки рудного сырья к окускованию. *Металургія* : зб. наук. праць. Запоріжжя : ЗДІА, 2013. Вип. 1(29). С. 5–11.
6. Миняйло Н.А. Математическое моделирование процессов перегрузки сыпучих материалов на рудном дворе. *Теория и практика металлургии*. 2009. № 5–6(72–73). С. 23–27.
7. Миняйло Н.О. Прогнозування ефективності усереднення залізорудних матеріалів на рудному дворі в умовах нечіткої інформації про їх хімічний склад. *XV науково-технічна конференція студентів, магістрантів, аспірантів і викладачів ЗДІА, 12–16.04.2010 р.* : тези доповідей. Запоріжжя, 2010. Ч. III. С. 127.
8. Миняйло Н.А., Пазюк М.Ю. Применение теории нечетких множеств при описании процесса усреднения сыпучих материалов. *Праці Луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації*. Луганськ, 2005. № 1(10). С.161–163.
9. Миняйло Н.А., Пазюк М.Ю. Управление процессом перегрузки сыпучего материала грейфером с учетом глубины его погружения в многослойный объем. *Металургія* : зб. наук. праць ЗДІА. Запоріжжя : ЗДІА, 2009. Вип. 20. С. 20–26.

References

1. Zarajski V.N. Nilolaev K.P., Kazanski S.V. Usrednenie rud. Moskva : Nedra, 1975. 296 s.
2. Minyajlo N.A., Pazyuk M.Yu., Nikolaenko A.N. Analiz stabilnosti sostava syrya, postupayushchego na metallurgicheski kombinat «Zaporozhstal». *Metallurgiya* : sb. nauchn. trudov. Zaporozhe : ZGIA, 2001. Iss. 5. S. 14–17.
3. Minyajlo N.A., Nikolaenko A.N. Issledovanie effektivnosti usredneniya zhelezorudnogo syrya v protsesse ego podgotovki k okuskovaniyu. *Metallurgiya*: sb. nauchn. trudov. Zaporozhe : ZGIA, 2002. Iss. 7. S. 9–12.
4. Minyajlo N.A., Pazyuk M.Yu. Effektivnost usredneniya zhelezorudnogo syrya na ОАО «Metallurgicheski kombinat «Zaporozhstal». *Metallurgiya*: sb. nauchn. trudov. Zaporozhe : ZGIA, 2004. Iss. S. 16–20.

5. Pazyuk Yu.M., Pazyuk M.Yu., Minyajlo N.A. Primenenie balansovogo metoda dlya issledovaniya i modelirovaniya protsessov podgotovki rudnogo syrya k okuskovaniyu. *Metallurgiya: zb. nauk. prats. Zaporizhzhze : ZDIA*, 2013. Iss. 1(29). S. 5–11.
6. Minyajlo N.A. Matematicheskoe modelirovanie protsessov peregruzki sypuchikh na rudnom dvore. *Teoriya i praktika metallurgii*. 2009. No 5–6(72–73). S. 23–27.
7. Minyajlo N.A. Prognozuvannya efektyvnosti userednennya zalizorudnykh materialiv na rudnom dvore v umovakh nechyykoi informatsii pro ikh khimichniy sklad. *XV nauk.-tekhn. konf. studentiv, magistrantiv, aspirantiv i vykladachiv ZDIA, 12–16.04.2010 r. : tezy dopovidej. Zaporizhzhze*, 2010. Ch. III. S. 127.
8. Minyajlo N.A., Pazyuk M.Yu. Primenenie teorii nechetskikh mnozhestv pri opisani protsessa usredneniya sypuchikh materialov. *Pratsi Luganskogo viddilennya Mizhnarodnoi Akadeii infornaty-zatsii*. Lugansk, 2005. No. 1(10). S. 161–163.
9. Minyajlo N.A., Pazyuk M.Yu. Upravlenie protsessom peregruki sypuchego materiala grejferom s uchetom glubiny ego porguzheniya v mngoslojny obem. *Metallurgiya : zb. nauk. prats ZDIA. Zaporizhzhze : ZDIA*, 2009. Iss. 20. S. 20–26.

Minaiilo Nataliia, Associate Professor, Candidate of Technical Science, Zaporizhzhia National University

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR MANAGING THE RATIONAL REGIME OF ORE YARD WORKING UNDER CONDITIONS OF AVERAGE OF RAW MATERIALS

The processes of charge preparation of metallurgical raw materials for agglomeration and redistribution refer to processes that are characterized by the complexity of measuring the main technological parameters, their uncertainty, the presence of mutually influencing internal connections, transport delays for control actions, therefore, the development of control systems for such processes presupposes the presence of mathematical models for forecasting and calculating for warning. The paper considers the issue of creating a decision support system for managing the process of averaging bulk materials at the ore yard of a metallurgical enterprise in order to ensure a stable chemical composition of raw materials. Using mathematical models based on the balance method and the theory of fuzzy logic, each stage of the raw material handling processes is described, its chemical composition is predicted in the fields of the receiving trench, in the volume of the loading grab, the ridge and the stack layer, and recommendations for unloading batches of materials are calculated, which come to the enterprise from mining and processing plants.

Keywords: raw materials, ore yard, reloading, averaging, modeling, control system, algorithm, program

Стаття надійшла: 30.11.2021 р.