

УДК 669.1:622

©Плотніков В.В.¹, Сaitгареев Л.Н.²**ІНТЕНСИФІКАЦІЯ АГЛОМЕРАЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ ЗА РАХУНОК
ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ КОМБІНОВАНОГО ОГРУДКУВАННЯ І
ЗАВАНТАЖЕННЯ ШИХТИ**

Показано вплив роботи ущільнення гранул при використанні барабанних огрудкувачів та тарільчатих грануляторів на результати процесу спікання та якість агломерату. Запропоновані заходи щодо вдосконалення завантаження шихти на агломашину.

Ключові слова: робота ущільнення, огрудкувач, завантажувальна воронка, човниковий розподільувач.

Плотников В.В., Сaitгареев Л.Н. Интенсификация агломерационного процесса за счет совершенствование технологии комбинированного окомкования и загрузки шихты. Показано влияние работы уплотнения гранул при использовании барабанных окомкователей и тарельчатых грануляторов на результаты процесса спекания и качество агломерата. Предложены мероприятия по усовершенствованию загрузки шихты на агломашину.

Ключевые слова: работа уплотнения, окомкователь, загрузочная воронка, челноковый распределитель.

V.V. Plotnikov, L.N. Saitgareev. The intensification of the sintering process due to improvements in technology combined pelletizing and loading charge. Shows the effect of the seal pellets using drum and disc pelletizer pellet on the results of the sintering process and product quality. The measures to improve the loading charge on sintering machine are proposed.

Keywords: seal, pelletizer, hopper, shuttle distributor.

Постановка проблеми. Агломерація й сьогодні, й в осяжному майбутньому залишається основним способом підготовки залізородної сировини до доменної плавки. В даний час пріоритетними завданнями для всієї галузі є подальше зростання виробництва агломерату та поліпшення якісних показників.

Основний шлях збільшення продуктивності агломашин - підвищення газопроникності шару шихти шляхом її ефективного огрудкування. Разом із тим, у зв'язку із зростаючою часткою тонких концентратів в агломераційній шихті, з одного боку, і практично вичерпаними можливостями огрудкувачів барабанного типу, з іншого, необхідним є пошук нових підходів щодо подальшого вдосконалення технології і техніки для огрудкування агломераційної шихти і наступних операцій.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз [1, 2] структури потоку шихти, що рухається в барабані, і сил (тяжіння, тертя і відцентрової), що діють на гранули, дозволяє вивести рівняння роботи, що витрачається на ущільнення гранул огрудкованої шихти в обертовому циліндричному барабані ($R_{уц}$):

$$R_{уц} = k_{уц} d_2 \frac{n_0}{\sqrt{D_0}} \tau_{np}, \quad (1)$$

де $k_{уц}$ - коефіцієнт, що враховує частку часу, що витрачається на ущільнення гранул (для циліндричного барабана $k_{уц} \approx 0,1$; для тарільчатого гранулятора $k_{уц} \approx 0,5-0,6$), частки;

d_2 - діаметр гранул, м; n_0 - швидкість обертання, c^{-1} ;

D_0 - діаметр барабана, м;

¹ канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «Криворізький національний університет», м. Кривий Ріг

² канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «Криворізький національний університет», м. Кривий Ріг

$\tau_{пер}$ - час перебування шихти в огрудкувачі, с.

Для оцінки впливу роботи ущільнення ($R_{уц}$) на вертикальну швидкість спікання ($V_{сн}$) і, відповідно, на питому продуктивність за статистичними даними аглофабрик СНД отримано рівняння регресії:

$$V_{сн} = -1,729 + 0,0147 \Delta P_{кол} + 6,529 h_{ш} - 0,179 t_{ш} + 201,023 W_{ш} - 0,432 d_c + 1,339 R_{уц}, \quad (2)$$

де $\Delta P_{кол}$ - розрідження в вакуумкамерах, мм вод. ст.;
 $h_{ш}$ - висота шару, мм;
 $t_{ш}$ - температура шихти, °C;
 $W_{ш}$ - вологість шихти, частки;
 d_c - середній діаметр гранул шихти, мм.

Відповідно до (2) частка зовнішнього ущільнюючого впливу на гранули, що забезпечує вертикальну швидкість спікання шихти, становить 7-11%.

Збільшення ущільнюючого впливу на гранули шихти збільшує кількість міцних гранул огрудкованої шихти, що формуються без зародкових центрів з повернення. Це дозволяє знизити величину оптимального вмісту повернення в шихті, що складає в даний час близько 30%, і створити умови для підвищення виходу придатного без зниження вертикальної швидкості спікання.

Аналіз рівня динамічних навантажень по довжині барабана показує, що в цьому відношенні обертові барабани не відповідають вимогам зміцнення гранул, оскільки в міру їх наближення до розвантажувального перетину барабана динамічні навантаження знижуються відповідно до зменшення ступеня заповнення барабана шихтою від завантаження до вивантаження (рис. 1). Розподіл шихти по довжині огрудкувачів при частоті обертання 5 хв^{-1} , куті нахилу $3^\circ 30'$ і навантаженню по шихті 360 т/год , що підтверджує вищесказане, ілюструється на рис. 1.

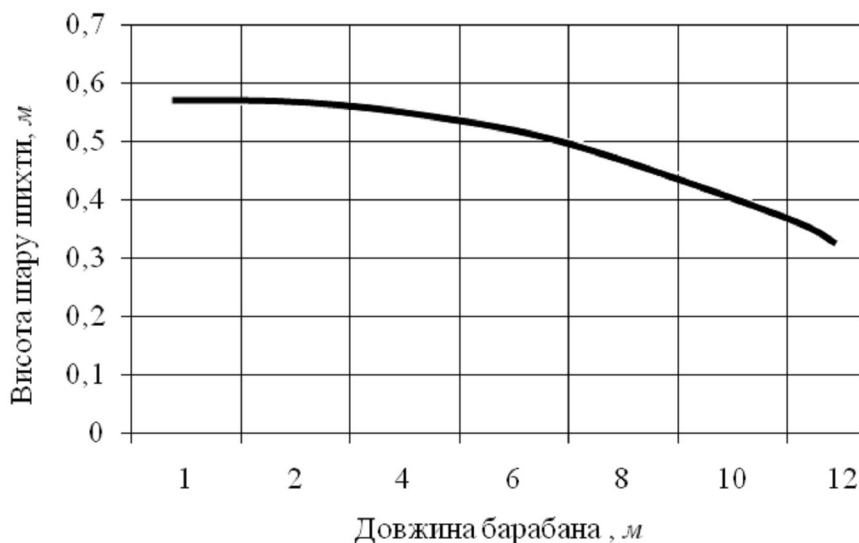


Рис. 1 – Розподіл шихти по довжині барабанного огрудкувача: $\varphi = 13,7\%$; $t = 3,68 \text{ хв}$; $M = 24,795 \text{ т}$

В силу недостатнього енергетичного впливу на потік шихти, барабанний огрудкувач не в змозі радикально поліпшити процес грудкування тонкоподрібнених концентратів. Одним із шляхів вирішення є застосування в агломераційному виробництві тарільчатих грануляторів та інтенсивних змішувачів.

Викладення основного матеріалу. У зв'язку з позитивним досвідом використання тарільчатих грануляторів для огрудкування частини шихти, що містить 60-80% тонкоподрібненого концентрату, становлять інтерес дані про вплив роботи ущільнення гранул при використанні різних апаратів на результати процесу спікання і якість агломерату.

З цією метою для отримання огрудкованої шихти з різною часткою тонкоподрібненого

концентрату в її залізорудній частині використовували лабораторні барабанний огрудкувач і тарільчатий гранулятор. Спінання шихти здійснювали на лабораторній агломераційній установці. Результати досліджень представлені на рис. 2.

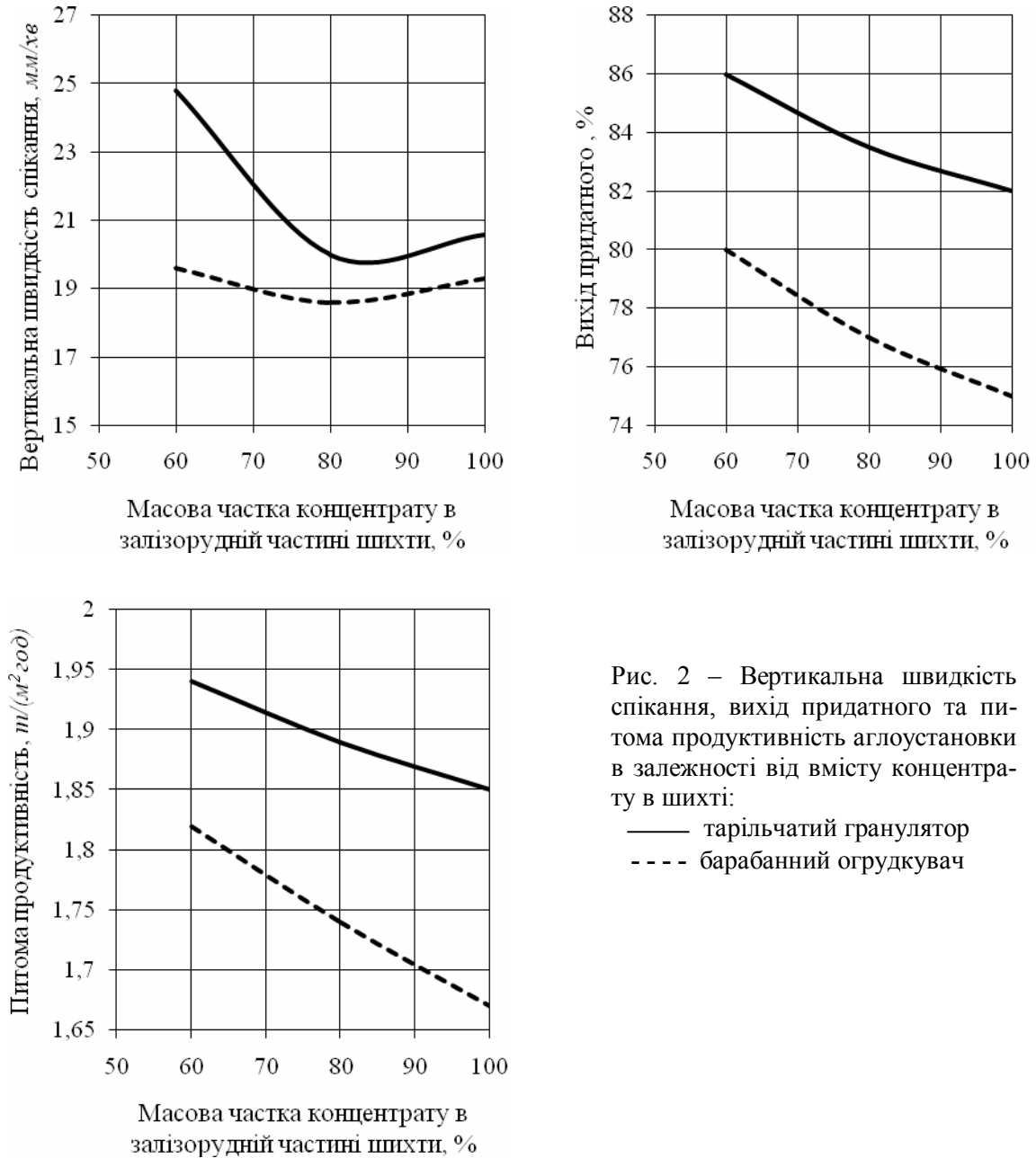


Рис. 2 – Вертикальна швидкість спікання, вихід придатного та питома продуктивність аглоустановки в залежності від вмісту концентрату в шихті:

— тарільчатий гранулятор
- - - барабанний огрудкувач

Питома продуктивність зросла на 5,0%, причому збільшення висоти шару шихти на 21 мм не призвело до зростання розрідження в газовідвідному тракті агломашины, що вказує на збільшення газопроникності шару шихти. Металургійні властивості агломерату в дослідному періоді покращилися: вміст фракції -5 мм в агломераті знизився від 8,4 до 8,1%. Міцність агломерату за ГОСТ 15137-77 покращилася: на удар (X^{+5}) зросла на 0,5% (абс.), на стирання ($X^{-0,5}$) зменшилася на 0,1% (абс.).

Як видно, зі збільшенням роботи ущільнення гранул огрудкованої шихти питома продуктивність аглоустановки лінійно збільшується (рис. 3). Таким чином, принципово встановлена можливість інтенсифікації процесу за рахунок збільшення ущільнюючого впливу на оброблюваний в них потік шихти шляхом використання тарільчатих грануляторів.

Однак практика показує, що найретельніша підготовка шихти може виявитися неефекти-

вною через незадовільне формування шару шихти на агломашині. Для досягнення високої газопроникності шару необхідно вирішити комплекс завдань, починаючи з оптимізації режиму роботи човникового розподільвача (ЧР) вузла завантаження шихти і закінчуючи конструкцією гладилки шихти.

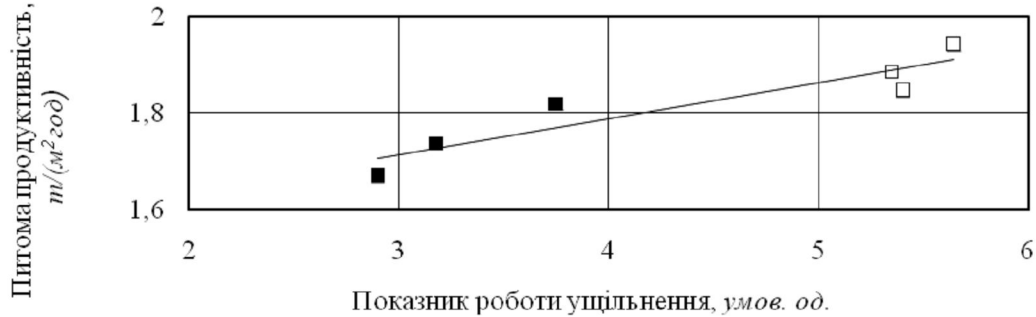


Рис. 3 – Залежність питомої продуктивності аглоустановок від показника роботи ущільнення гранул, отриманих в різних огрудкувачах: ■ і □ - огрудкування в лабораторних барабанному і тарільчатому грануляторах відповідно

Аналізуючи роботу вузла завантаження, обробили дані про рівень шихти в завантажувальній воронці (ЗВ), частоті обертання барабанного живильника (БЖ) і витраті шихти за часом. Проектний розподіл шихти по ширині ЗВ був нераціональним з технологічної точки зору, тому крива розподілу має опуклу в центрі ЗВ форму з пониженням до країв ЗВ. Це обумовлено збільшеними розмірами розвантажувального вікна біля країв ЗВ. Рівень шихти з лівого боку (по ходу агломашини) коливався в межах 39-48%, з правої - 46-54%. Відповідно змінювався рівень сегрегації шихти по крупності і концентрації палива - з підвищенням крупності і зниженням концентрації палива до країв ЗВ, що безпосередньо позначилося на якості агломерату. При цьому розрахунковий середньоарифметичний рівень шихти знаходиться в заданих межах: 56-65%, тобто ця характеристика недостатня для керування завантаженням.

Для аналізу розподілу шихти в ЗВ виконали розрахунки на математичній моделі. Результати розрахунків на моделі з розподілу шихти в ЗВ при проектному режимі роботи ЧР, тобто при однакових в кожному "циклі" (послідовному проході ЧР вперед і назад) швидкості колосникової стрічки (КС) і візка ЧР при заданому перевищенні рівня шихти на границях ЗВ над центром, рівному 0,2 м, ілюструються на рис. 4.

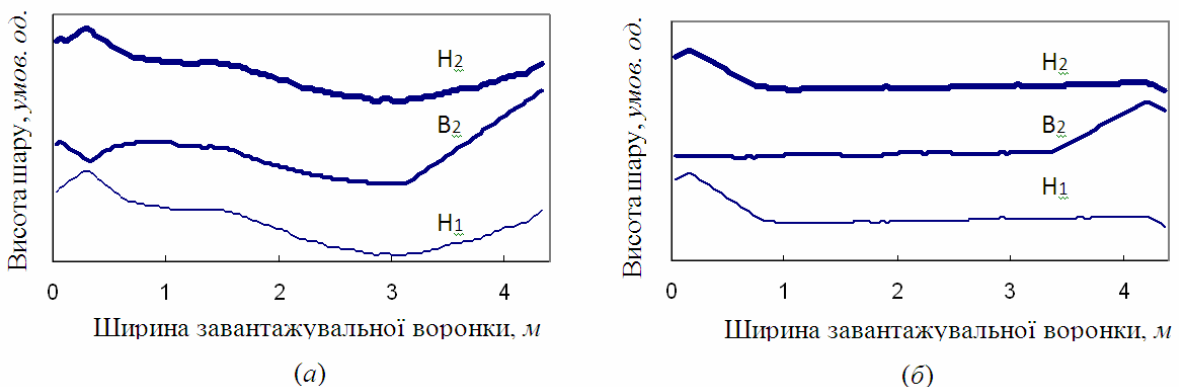


Рис. 4 – Профіль шару шихти в завантажувальній воронці: а - при проектному режимі роботи човникового розподільвача; б - при оптимальному режимі роботи ЧР (Позначення: Н - назад, В - вперед)

Крива H_1 характеризує профіль шару, який сформувався на поверхні в ЗВ у попередньо-

му циклі після проходження ЧР «назад» від границі B_2 до границі B_1 і потім опустився вниз до випускного отвору ЗВ. Крива B_2 характеризує профіль шару в новому циклі після проходження ЧР вперед від границі B_1 до границі B_2 , а H_2 - в цьому ж циклі при поверненні ЧР до границі B_2 . Відстань між кривими H_1 і B_2 характеризує товщину поперечного шару при русі ЧР вперед, а відстань між B_2 і H_2 - при русі ЧР назад.

Оптимальним для роботи ЧР є режим, в якому на додаток до умови сталості швидкості КС щодо тічки дотримується умова, що враховує накопичення шихти на КС. У цьому випадку КС і візок ЧР рухаються "вперед" з меншою швидкістю, а назад - з більшою, при цьому змінна і швидкість руху КС та ЧР, а режим роботи ЧР встановлюється відповідно до умов:

$$V_{сн}/V_{вн} = V_{св}/V_{вв}, \quad (3)$$

$$V_{тв} = V_{вн} \cdot (V_{сн}/V_{вн} - 1) / (V_{сн}/V_{вн} + 1), \quad (4)$$

$$V_{св} = V_{сн} \cdot (V_{сн}/V_{вн} - 1) / (V_{сн}/V_{вн} + 1), \quad (5)$$

$$V_{св1} = V_{св} + V_{вв}, \quad (6)$$

$$V_{св2} = V_{сн} - V_{вн} = V_{св1}, \quad (7)$$

$$H_{шв1} = H_{шв2} \text{ та } > H_{ш.ц.}, \quad (8)$$

де $V_{св}$ і $V_{сн}$ - швидкість конвеєрної стрічки човникового розподільвача в режимах роботи вперед і назад, м/хв;

$V_{вв}$ і $V_{вн}$ - швидкість візка човникового розподільвача в режимах роботи вперед і назад, м/хв;

$V_{св1}$, $V_{св2}$ - швидкість конвеєрної стрічки човникового розподільвача в режимах зупинок на ближньому до тічки і дальньому від неї границях завантажувальної воронки вперед і назад, м/хв;

$H_{шв1}$ і $H_{шв2}$ - висота шару шихти на ближній і дальній від тічки границях завантажувальної воронки в момент початку руху човникового розподільвача після зупинок, м;

$H_{ш.ц}$ - висота шару шихти в центрі завантажувальної воронки в момент закінчення його перетину потоком шихти з човникового розподільвача, м.

Режим роботи при знакозмінному русі ЧР з формуванням в ЗВ поперечних шарів з однаковою товщиною забезпечується умовою (3), а з однаковою товщиною шарів на КС - умовами (4) - (8) з урахуванням в них умови (3). При дотриманні перерахованих умов отримано оптимальний профіль шихти, показаний на рис. 4,б.

Як видно, товщина поперечних шарів в ЗВ практично однакова і вони переміщуються зверху вниз до розвантажувального отвору ЗВ рівномірно по висоті і ширині ЗВ. При цьому формується і симетричний і однаковий розподіл шихти біля країв ЗВ. Відповідно забезпечується раціональне формування шару на агломераційній машині, як в об'ємі шару, так і бортів палет.

Тривалість зупинок ЧР на границях ЗВ залежить від заданого рівня перевищення шару над центром. З прийнятими параметрами тривалість зупинок ЧР на границях при рівномірному завантаженні шихти з ближньої сторони до тічки становить 0,5, з дальньої - 1,7 с, при перевищенні рівня біля стінок на 0,1 м - 1,2 і 2,2 с, а при перевищенні 0,2 м - 1,9 і 3,5 с відповідно.

Через накопичення шихти на стрічці ЧР при русі вперед і її скорочення при зворотному русі маса шихти в ЗВ відповідно знижується і зростає. Максимальне значення об'єму і маси (8,2 т) встановлюється при зупинках ЧР на ближній від тічки границі, коли з КС скидається в тічку вся накопичена шихта, а мінімальне значення (7,34 т) - на дальньому.

Контроль і регулювання параметрів розробленого режиму здійснюється за допомогою модернізованих приводів КС і візка ЧР, які оснащуються частотними перетворювачами, і дистанційних датчиків рівня (зокрема, радарного типу) для вимірювання в ЗВ на її границях і в центрі, а програма управління реалізується через контролер. Датчик рівня встановлений на рамі рухомого візка ЧР, що дозволяє сканувати рівень по ширині ЗВ в часі. Спільно з алгоритмом роботи завантажувального пристрою, що має завдання стабілізувати рівень шихти в ЗВ на агломашині може бути реалізований алгоритм завантаження шихти на палети, що включає основні пункти:

- швидкості агломашини і частоти обертання БЖ узгоджуються в залежності від швидко-

сті першої;

- рівень шихти в ЗВ стабілізується шляхом зміни частоти обертання тарільчатих живильників в кожній групі шихтових бункерів, що обслуговують огрудкувачі.
- при необхідності зміни швидкості агломашини спочатку в автоматичному режимі повинна пропорційно змінюватися витрата шихти за допомогою тарільчатих живильників шихтових бункерів і після цього, з урахуванням запізнення, - швидкість агломашини.

З відомих способів боротьби з нерівномірністю спікання по ширині стрічки можливе поєднання двох з них: розширення бортів палет і установку плоского розширеного колосника біля бортів палет. Борти палет варто розширити на 100 мм з кожної сторони без зміни площі їх колосникового поля. Завдяки цьому маса завантаженої шихти зросте на 5%, загальний приріст питомої продуктивності в дослідному періоді зріс на 4,6%, підвищилася міцність агломерату.

Висновки

1. Інтенсифікація агломераційного процесу може бути досягнута за рахунок збільшення ущільнюючого впливу огрудкувачів на оброблюваний в них потік шихти шляхом застосування тарільчатих грануляторів.
2. В якості характеристики для оцінки зовнішнього ущільнюючого гранули впливу та інструменту аналізу процесу слід використовувати показник, що характеризується відцентровою силою і включає середній діаметр гранул, а також основні конструктивні і технологічні характеристики обертового циліндричного барабана.
3. Для усунення формування нерівномірності розподілу шихти в завантажувальній воронці необхідно застосовувати новий режим роботи човникового розподільвача, що мінімізує зазначену нерівномірність.

Список використаних джерел:

1. Исаенко Г.Е. Комбинированное окомкование агломерационной шихты в аппаратах барабанного типа и тарельчатых грануляторах [Текст] / Г.Е. Исаенко, А.Н. Сапрыкин, А.С. Кузнецов, В.П. Пузанов, Ю.А. Фролов // Сталь. –2009. – № 8. – С. 2–7.
2. Греков В.В. Пути повышения производительности агломашии и освоение производства различных видов агломерата [Текст] / В.В. Греков, А.К. Семенов, Г.Е. Исаенко, А.С. Кузнецов // Сталь. – 2005. – № 12. – С. 6-8.
3. Фролов, Ю.А. Исследование процесса агломерации с использованием информации новой АСУ ТП агломашии АКМ-312 [Текст] / Ю.А. Фролов, В.Н. Богатиков, О.А. Семенов, А.Н. Леликов, В.П. Зыков // Сталь. 2010. – № 5. – С. 24-29.

Bibliography:

1. Isaenko G.E. Combined pelletizing sinter charge in drum machines and disc granulators [Text] / G.E. Isaenko, A.N. Saprykin, A.S. Kuznetsov, V.P. Puzanov, Y.A. Frolov // Steel. -2009. - № 8. - P. 2-7. (Rus.)
2. Greekov V.V. Ways to increase the productivity of sintering machines and commercial production of different types of sinter [Text] / V.V. Greeks, A.K. Semenov, G.E. Isaenko, A.S. Kuznetsov // Steel. - 2005. - № 12. - Pp. 6-8. (Rus.)
3. Frolov Y.A. The study of the sintering process using a new information control system sinter АКМ-312 [Text] / Y.A. Frolov, V.N. Bogatnikov, O.A. Semenov, A.N. Lelikov, V.P. Zыkov // Steel. 2010. - № 5. - P. 24-29. (Rus.)

Рецензент: Г.В. Губін,
д-р техн. наук, проф. ДВНЗ «КНУ»

Стаття надійшла 12.11.2012