

Summary

Zaychuk A., Bely Ya., Minakova N., Shovkoplyas E., Pivovarov A., Pivovarov Yu.

The research of open-hearth slag as a perspective feedstock for the production of ceramic pigments. Study of mineralogical composition of the slag. *Report 2*

There was conducted a complex of physic-chemical research so that peculiarities of fraction mineralogical composition of the experimental open-hearth slags and was revealed the presence of resistant to aggressive environments and high temperatures compounds of the chromophores were established, that indicates the possibility of using such recycled materials as a basic raw material for production of ceramics pigments of black and brown colors.

Keywords

open-hearth slag, fraction, x-ray phase analysis, diffraction peak, mineralogical composition, chromophores compounds, ceramics pigments

Поступила 16.05.11

УДК 622.788.36

С. В. Кривенко

Приазовский государственный технический университет, Мариуполь

Принцип синхронного управления частотой вращения окомкователя и влажностью шихты

Исследовано изменение коэффициента корреляции между порозностью слоя и коэффициентом вариации крупности гранул для синхронного управления влажностью окомкованой аглошихты и частотой вращения окомкователя. Установлено, что максимальная корреляция соответствует способам расчета – среднелогарифмическому и среднегармоническому, а оптимальный режим работы окомкователя – максимальному значению среднелогарифмического коэффициента корреляции.

Ключевые слова: окомкование, управление, влажность, частота вращения, порозность, коэффициент вариации

Качество окомкования агломерационной шихты (АШ) существенно влияет на газопроницаемость и, следовательно, высоту спекаемого слоя, расход твердого топлива, качество агломерата и производительность агломашины. Для шихты определенного состава существует величина оптимальной влажности, изменяющаяся в довольно узких пределах.

Разработаны способы управления влажностью окомкованой АШ и частотой вращения окомкователя [1, 2]. Данные способы основаны на обработке видеоизображения слоя окомкованой АШ, сформированного на аглоленте. Причем при управлении расходом воды на увлажнение АШ в потоке определяют порозность слоя и устанавливают ее максимальное значение. При регулировании частоты вращения окомкователя в потоке определяют распределение количественного гранулометрического состава, на основе которого рассчитывают величину коэффи-

циента вариации крупности гранул и устанавливают его минимальное значение.

Порозность слоя ϵ и коэффициент вариации крупности гранул V взаимосвязаны между собой [3]. Чем выше значение ϵ , тем ниже V . Однако при независимом управлении влажностью W окомкованой АШ или частотой вращения ω окомкователя их значения для максимума ϵ и минимума V не совпадают. Это объясняется тем, что величина ϵ зависит от размера доминирующей фракции и содержания мелких фракций в шихте, а V – от значения эквивалентного диаметра d_0 и отклонения остальных фракций шихты. Кроме того, существуют различные способы расчета d_0 (средневзвешенный, среднелогарифмический и т. д.) и, соответственно, коэффициента вариации крупности гранул [4].

Целью работы является исследование взаимосвязи между порозностью слоя окомкованой агломерационной шихты и коэффициентом вариации

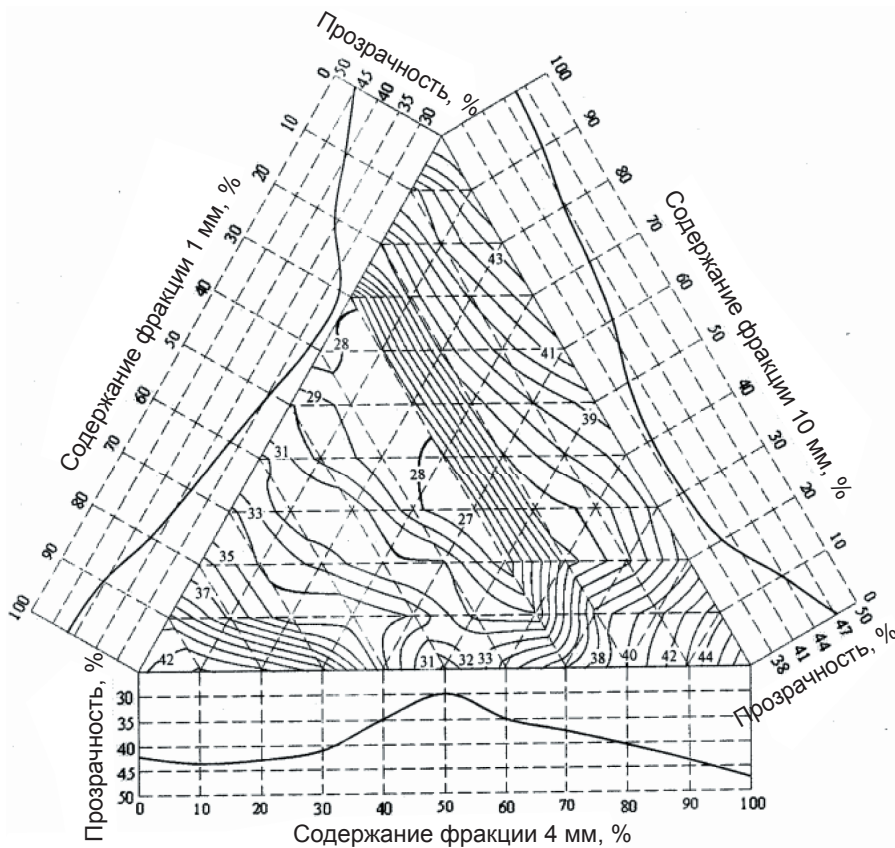


Рис. 1. Порозность слоя трехфракционной шихты

крупности гранул, рассчитанным различными способами, при одновременном управлении частотой вращения барабана-окомкователя и влажностью окомкованной агломерационной шихты.

С помощью разработанной компьютерной модели вычислена порозность слоя трехфракционной шихты [4]. Слой сыпучего материала формировали в параллелепипеде высотой $h = 60$ мм с квадратным основанием и длиной сторон $a = 60$ мм. Исследование порозности слоя сыпучего материала осуществлялось применительно к окомкованной АШ. Принято, что фракционная крупность АШ изменяется в диапазоне ($0 < d \leq 14$) мм. Исходя из массовой доли фракций в шихте, выделены три наиболее характерные фракции, мм: 0-2 ($d_1 = 1$ мм), 2-6 ($d_4 = 4$ мм) и 6-14 ($d_{10} = 10$ мм).

В результате моделирования установлено, что порозность трехфракционного слоя изменяется в пределах 27-47 % (рис. 1). Наименьшее значение порозности $\epsilon_{\min} = 27$ % соответствует массовому содержанию (%) в шихте $M_1 = 30$, $M_4 = 40$ и $M_{10} = 30$. Кроме того, существуют минимумы порозности, соответствующие бифракционным шихтам. При отношении диаметров крупной и мелкой фракций $d_M/d_K = 0,4$ содержание (%) мелкой фракции m_ϵ для минимума порозности $\epsilon_{\min} = 28$ соответствует $m_\epsilon \approx 35$; при $d_M/d_K = 0,25$ для $\epsilon_{\min} = 30$ соответствует $m_\epsilon \approx 50$; при $d_M/d_K = 0,1$ для $\epsilon_{\min} = 39$ соответствует $m_\epsilon \approx 35$.

Для соотношения диаметров $d_M/d_K = 0,25$ смещение содержания мелкой фракции m_ϵ к значению 50 % обусловлено разрыхлением слоя при добавлении мелкой фракции $d_M = 1$ мм за счет попадания ее между крупными частицами $d_K = 4$ мм.

По результатам моделирования отмечено резкое снижение порозности слоя с 35 до 29 % при увеличении содержания мелкой фракции d_1 с 20 до 30 %. В указанном диапазоне порозность увеличивается при уменьшении содержания крупной фракции d_3 в шихте менее 20 % и добавлении промежуточной фракции более 60 %. То есть, происходит смена доминирующей фракции с крупной на промежуточную.

Исследование коэффициента вариации крупности гранул осуществляли для шихты одинакового фракционного состава. Средневзвешенный способ расчета эквивалентного диаметра – наиболее распространенный, его вычисляют по формуле

$$d_3 = \sum_{i=1}^N g_i d_i; \quad \sum g_i = 1, \quad (1)$$

где d_i – диаметр i -ой фракции, мм; g_i – содержание частиц i -ой фракции, д. ед.; N – количество фракций.

При расчете средневзвешенного эквивалентного диаметра d_3 с помощью формулы (1) не учтены свойства каждой фракции (удельные поверхность и объем).

Средневзвешенный коэффициент вариации крупности V гранул рассчитывают на основе средневзвешенной дисперсии σ_d^2 (рис. 2, а)

$$V = \sqrt{\sigma_d^2} / d_3; \quad \sigma_d^2 = \sum_{i=1}^N g_i (d_i - d_3)^2. \quad (2)$$

Исходя из исследований, представленных в [5], среднегарифмический способ анализа однородности гранулометрического состава окомкованных АШ является наиболее объективным, так как при этом учтено относительное количество каждой фракции, ее удельная поверхность и диапазон крупности. Среднегарифмический диаметр рассчитывают по выражению

$$d_3 = 10^{\lg d_3}; \quad \lg d_3 = \frac{\sum_{i=1}^N g_i \cdot \lg d_i}{\sum_{i=1}^N g_i}. \quad (3)$$

Дисперсию относительно среднегарифмического d_3 определяют по формуле

$$\sigma_d^2 = \sqrt{10^{\sigma_{\lg d}^2}}; \quad \sigma_{\lg d}^2 = \sum_{i=1}^N \lg(d_i - d_3)^2 g_i. \quad (4)$$

Изменение коэффициента вариации крупности относительно среднегарифмического диаметра представлено на рис. 2, б.

Из диаграмм (рис. 2) следует, что коэффициенты V , рассчитанные различными способами, существенно отличаются. Это объясняется тем, что в них по-разному учтено содержание мелких фракций.

Для средневзвешенного способа мелкие фракции влияют в большей степени, поэтому максимум графиков для бифракционных шихт смещен в сторону с меньшим d_s . При этом, чем меньше различие в диаметрах, тем более симметричнее зависимости V относительно центра содержания фракций. Для бифракционной шихты крупностью 1 и 10 мм, максимум $V_{\max} = 1,4$ мм/мм при содержании $M_1 = 93$ %, а для 1 и 4 мм – $V_{\max} = 0,75$ мм/мм при $M_1 = 80$ %. Среднегарифмический способ расчета коэффициента V наиболее равномерно учитывает содержание фракций различной крупности. Для бифракционных шихт графики имеют симметричный вид относительно 50%-ного содержания мелких фракций в слое.

Значения коэффициентов корреляции $R_{\varepsilon V}$ между ε и V для основных способов анализа гранулометрического состава сыпучих материалов приведены в таблице, из которой следует, что между величинами ε от V существует обратная корреляционная связь. Наибольшая корреляция между порозностью слоя и коэффициентом вариации крупности гранул соответствует среднегарифмическому способу анализа. Высокой корреляцией также обладает среднегармонический способ. Это дополнительно обосновывает лучшую достоверность результатов среднегарифмического способа для анализа однородности окомкованных АШ и его применение для управления параметрами окомкования.

Функция порозности слоя от среднегарифмического V имеет линейный вид

$$\varepsilon - \bar{\varepsilon} = R_{\varepsilon V} \frac{\sigma_{\varepsilon}}{\sigma_V} (V - \bar{V}), \quad (5)$$

где $\bar{\varepsilon}$, \bar{V} – средние значения ε и V соответственно, $\bar{\varepsilon} = 35,8$ % и $\bar{V} = 0,54$ мм/мм; σ_{ε} , σ_V – среднеквадратическое отклонение ε и V , соответственно, $\sigma_{\varepsilon} = 5,32$ % и $\sigma_V = 0,30$ мм/мм.

После подстановки значений в (5) получим (рис. 3)

$$\varepsilon = 42,77 - 12,9V, \% \quad (6)$$

Из (6) следует, что при увеличении V значение ε всегда снижается от ее максимальной величины для монофракционной шихты 42,77 %. На 0,1 мм/мм изменения вариации

порозность изменяется на $\approx 1,3$ %. Максимальная ошибка для зависимости порозности от вариации соответствует минимальным значениям порозности (согласно рис. 3). Так как эти параметры изменяются по параболическим зависимостям от W и ω , то

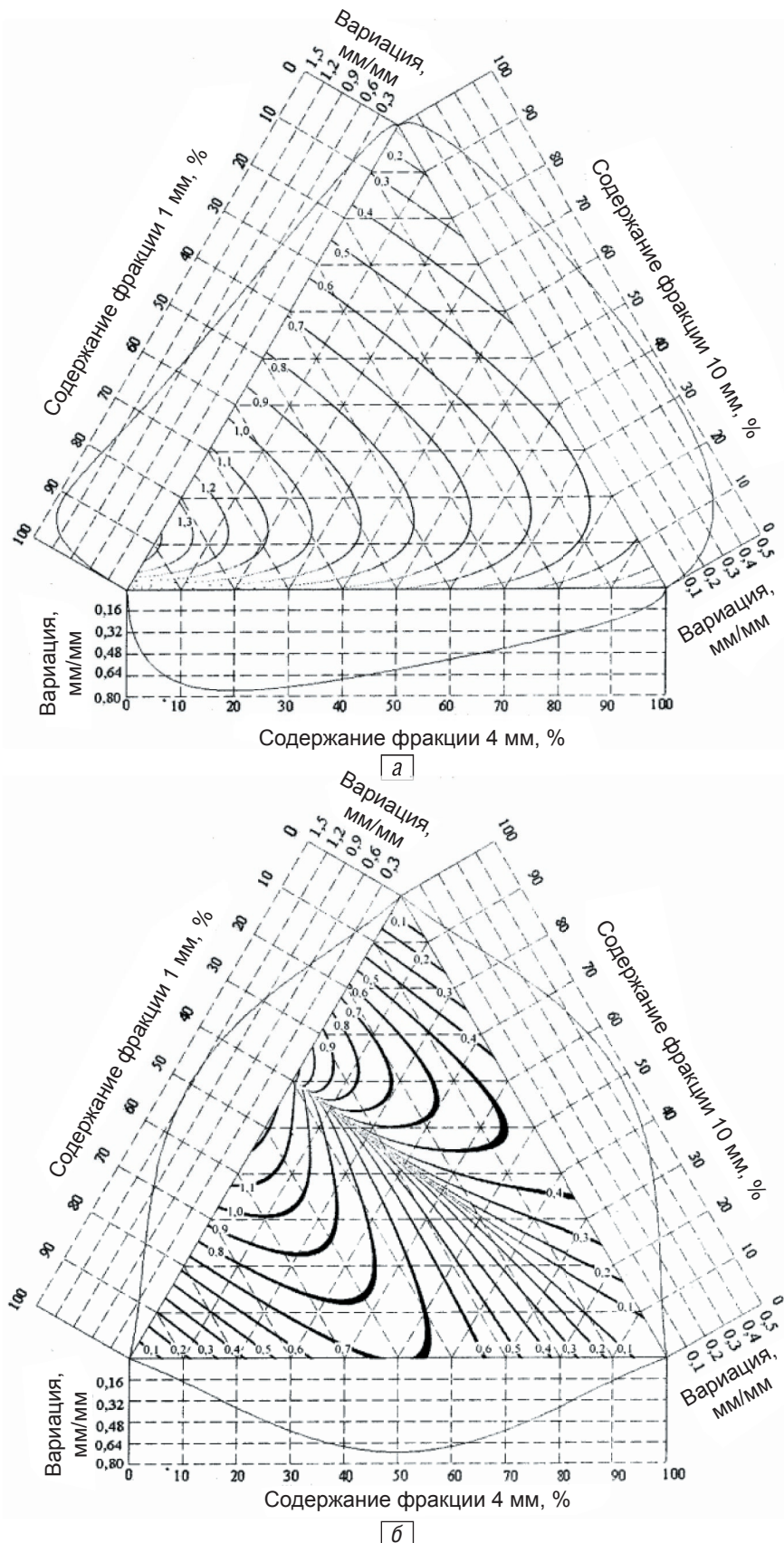


Рис. 2. Изменение коэффициента вариации крупности гранул относительно средневзвешенного (а) и среднегарифмического (б) эквивалентных диаметров для трехфракционной шихты

Корреляция между порозностью слоя и коэффициентом вариации крупности гранул трехфракционной шихты

Способ	$R_{\varepsilon V}$
Средневзвешенный	-0,53
Средних масс	-0,41
Среднелогарифмический	-0,73
По удельной поверхности (среднегармонический)	-0,69
По удельному диаметру	-0,32
По среднеарифметическому объему	-0,23
По среднеарифметической поверхности	-0,04

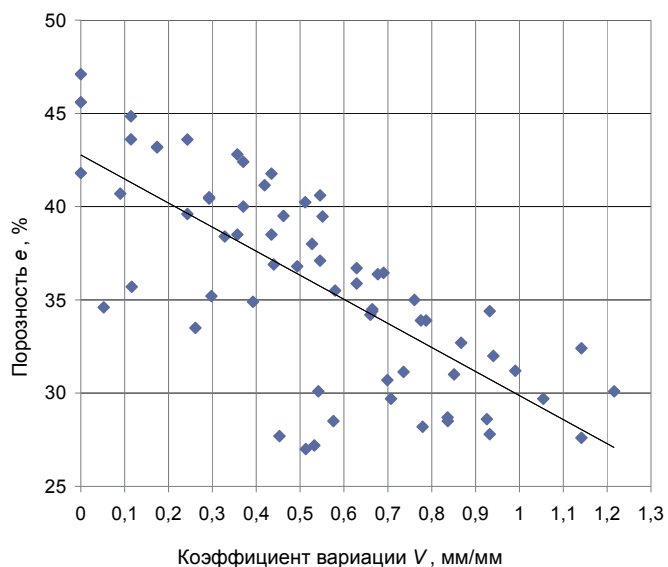


Рис. 3. Изменение порозности слоя от коэффициента вариации крупности гранул

значение $R_{\varepsilon V}$ также должно изменяться. Поэтому применительно к условиям ОАО «МК „Азовсталь“» были проведены исследования зависимости $R_{\varepsilon V}$ от параметров работы окомкователя (рис. 4).

Установлено, что величина $R_{\varepsilon V}$ изменяется в диапазоне от 1,0 до 0,45 по экстремальной зависимости. Максимум $R_{\max} = 0,45$ соответствует частоте вращения $\approx 6,5$ об/мин. Изменение знака R_{\max} на

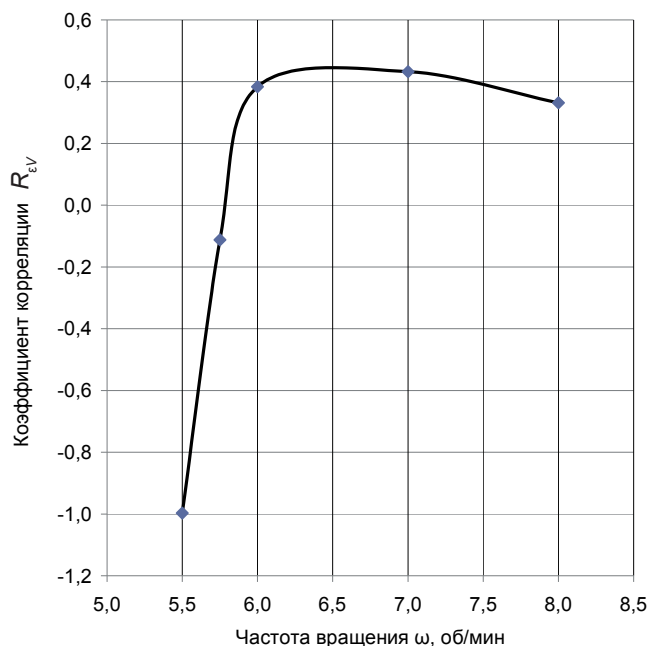


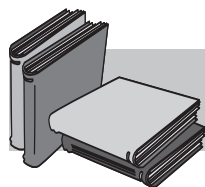
Рис. 4. Изменение корреляции порозности слоя и коэффициента вариации при изменении частоты вращения окомкователя

положительный объясняется тем, что вблизи точек минимума и максимума существует область, в которой функции ε и V меняются незначительно и с одинаковым знаком. Оба эти экстремума соответствуют разным значениям ω и W , следовательно, смещены относительно друг друга. Поэтому оптимальному режиму окомкования, при котором процесс наиболее устойчив и с наилучшими показателями, соответствует максимальное значение $R_{\varepsilon V}$.

Результаты исследований подтвердили возможность одновременной оптимизации ω и W с помощью разработанных новых способов управления качеством окомкования.

Выводы

Оптимальные значения влажности окомкованной шихты и частоты вращения окомкователя соответствуют максимальному положительному значению коэффициента корреляции между порозностью слоя и коэффициентом вариации крупности гранул.



ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. № 76045 Украины, МКІ С22В 1/100. Спосіб керування огрудкуванням шихти / С. В. Кривенко, О. В. Кривенко. – Оpubл. 15.06.2006, Бюл. № 6.
2. Пат. № 86487 Украины, МПК (2009) F27В 21/00, С22В 1/00. Спосіб керування частотою обертання огрудкувача / С. В. Кривенко. – Оpubл. 27.04.2009, Бюл. № 8.
3. Русанов И. Ф., Русаков П. Г., Дорофеев В. Н. Исследование зависимости газодинамического сопротивления слоя железорудных материалов от их гранулометрического состава. – *Металлургия и коксохимия*. – 1982. – Вып. 75. – С. 33-36.
4. Кривенко С. В., Кривенко О. В. Дискретная модель слоя сыпучего материала из зерен любых форм // *Вісник Приазовського державного технічного університету*. – 2004. – Вып. 14 – С. 37-40.
5. Теплотехника окускования железорудного сырья / С. Г. Братчиков, Ю. А. Берман, Я. Л. Белоцерковский и др. – М.: *Металлургия*, 1970. – 343 с.

Анотація

Кривенко С. В.

Принцип синхронного управління частотою обертання огрудкувача та вологості шихти

Досліджено зміну коефіцієнта кореляції між порозністю шару і коефіцієнтом варіації крупності гранул для синхронного управління вологістю огрудкованої аглошихти і частотою обертання огрудкувача. Встановлено, що максимальна кореляція відповідає способам розрахунку середньологаріфмічному і середньогармонічному, а оптимальний режим роботи огрудкувача – максимальному значенню середньологаріфмічного коефіцієнта кореляції.

Ключові слова

огрудкування, управління, вологість, частота обертання, порозність, коефіцієнт варіації

Summary

Krivenko S.

The principle of simultaneous control of pelletizer rotation frequency and charge moisture

Changing the correlation coefficient between layer fractional void volume and coefficient of variation of size of pellets is investigated for simultaneous control of pelletized sintering mix humidity and pelletizer rotation frequency. It is established, that the maximal correlation corresponds to the average logarithmic and harmonic calculating means. Optimum performance for pelletizer is the crest value of the average logarithmic correlation coefficient.

Keywords

pelletizing, control, humidity, rotation frequency, fractional void volume, coefficient of variation

Поступила 24.05.11

УДК 621.745.5.06./07:536.5

Л. Ф. Жуков, А. Л. Корниенко, Н. Ф. Зубенина

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

Исследование стабильности оптических термометрических характеристик жидкого чугуна

Исследовано влияние технологических параметров, спектральных характеристик и алгоритмов обработки первичной пирометрической информации на стабильность оптических термометрических характеристик жидкого чугуна в инфракрасной и видимой областях спектра. Для сравнения термометрических и расчета метрологических характеристик предложен пирометрический коэффициент K_p , равный произведению излучательной способности и коэффициента пропускания.

Ключевые слова: излучательная способность, пропускание, пирометрический коэффициент, чугун, химический состав, метрологическое обеспечение

Для метрологического обеспечения пирометрии излучения металлических сплавов необходимо знать количественные оценки абсолютных значений и стабильности их термометрических

характеристик, то есть излучательной способности и пропускания промежуточной среды. Изученное ранее [1-3] сильное влияние физико-химических процессов и технологических параметров на частичную