

УДК 621.928.2

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБОГАЩЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИИ СЫРЬЯ НЕОДНОРОДНОГО КАРБОНАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**¹Дрешпак А.С.**¹*Национальный технический университет «Днепровская политехника»***ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ОЦІНКА ЕФФЕКТИВНОСТІ ЗБАГАЧЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ СИРОВИНИ НЕОДНОРІДНОГО КАРБОНАТНОГО РОДОВИЩА****¹Дрешпак О.С.**¹*Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»***EXPERIMENTAL EVALUATION OF THE RAW MATERIAL CONCENTRATION AND CLASSIFICATION IN NONHOMOGENEOUS CARBONATE DEPOSITS****¹Dreshpak A.S.**¹*National Technical University «Dnipro Polytechnic»*

Аннотация. Анализируются процессы обогащения известнякового сырья Западно-Тягинского неоднородного карбонатного месторождения. Сырье характеризуется наличием основного компонента (известняка) и значительных объемов примесей (глинистых и песчаных добавок). Обогащение исходного сырья осуществляется путем его классификации. При этом часть известняка с глинистыми добавками направляются в отвал. Эффективность грохочения существенно зависит от влажности сырья. Разработанная автором конструкция валково-пальцевого грохота позволяет повысить эффективность грохочения в условиях повышенной влажности, что сопровождается повышением эффективности обогащения исходного сырья. Изложены особенности методики проведения серии экспериментальных исследований процесса грохочения сырья с использованием валково-пальцевого грохота и без его применения. Выделены два фактора, оказывающие существенное влияние на показатели обогащения и грохочения сырья - содержание известняка в исходном сырье и влажность сырья. Экспериментальные исследования спланированы таким образом, что на их основе существует возможность создания регрессионных линейных зависимостей. Предложено в процессе выполнения опытов стабилизировать уровни других параметров, оказывающих влияние на показатели эффективности процесса обогащения. Установлены границы варьируемых параметров. Сопоставлены результаты грохочения сырья в рассматриваемых вариантах с использованием валково-пальцевого грохота и без его применения. Установлено, что при влажности 6 % инерционный и валково-пальцевый грохоты имеют подобную эффективность грохочения, но при повышении влажности сырья до 12% эффективность грохочения с использованием валково-пальцевого грохота возрастает в 2 раза. При использовании валково-пальцевого грохота наблюдается увеличение массы подрешетного продукта (в 1,75-2 раза). Повышается стабильность грохочения в рассматриваемых пределах изменения влажности сырья. Эффективность его обогащения повышается на 10-20%.

Ключевые слова: известняк, влажность, обогащение, валковый грохот, роликовый грохот, эффективность грохочения.

Введение. Широкое использование известняков в промышленности и сельском хозяйстве требует вовлечения в переработку ранее считавшегося некондиционным сырья неоднородных карбонатных месторождений, характеризующегося наличием как ценного компонента (известняка $CaCO_3$), так и значительных объемов примесей (в основном глинистых добавок).

Характерна неоднородность химического и гранулометрического составов сырья отдельных месторождений и даже откосов. В товарном продукте (известняковом щебне) содержание примесей регламентировано.

Поэтому получение высококачественного продукта возможно только при высоких показателях обогащения исходного сырья, предполагающего отделение известняка от примесей.

Используемое для этой цели технологическое оборудование, режимы его работы должны учитывать особенности сырья, подлежащего переработке, и обеспечивать приемлемые для реализации товарного продукта показатели обогащения.

Технологические линии обогащения сырья неоднородных карбонатных месторождений реализуют, как правило, операции его дробления и грохочения. Применяемые на карьерах технологические линии сухой переработки сырья обеспечивают получение товарных продуктов приемлемого качества только для крупных классов щебня в условиях низкой влажности. Мелкие классы щебня (крупностью 0-20мм) при этом не используются и направляются в отвал (хвосты). Возникает необходимость совершенствования существующего процесса классификации сырья с целью повышения качества конечного продукта и расширения на этой основе фракционного состава товарного щебня, удовлетворяющего требованиям технических условий. Это может быть осуществлено путем использования рациональных режимов работы устройств грохочения, разработки и применения новых технических и технологических решений, обеспечивающих отделение глинистых добавок от кусков горной породы.

Исследования [1] свидетельствуют о том, что повышение эффективности обогащения и классификации сырья может быть достигнуто путем введения в технологическую линию переработки материала нового элемента, осуществляющего отделение глины от кусков горной породы и снижающего влияние влажности сырья на исследуемые показатели эффективности. Ясно, что конструктивные и технологические параметры разработанного автором валково-пальцевого грохота [2] в значительной мере определяют достигнутые показатели обогащения и классификации. Достижимый эффект может быть зафиксирован путем проведения серии экспериментальных исследований.

Цель статьи состоит в изложении особенностей методики проведения серии экспериментальных исследований процесса грохочения сырья Западно-Тягинского карбонатного месторождения, сопоставлении результатов классификации с использованием инерционного грохота и предложенной автором новой конструкции валково-пальцевого грохота, оценке эффективности процессов обогащения и классификации исходного сырья. Задача состоит в оценке этих показателей в условиях изменяющейся влажности сырья, а также содержания известняка в исходном продукте. Необходимо учесть граничные пределы изменения этих параметров исходя из конкретных условий эксплуатации технологических линий.

Изложение основного материала. В сложных технологических линиях переработки сырья показатели эффективности процесса зависят от множества факторов. В рассматриваемом случае это конструктивные и технологические параметры вновь введенного элемента, а также других элементов, входящих в

технологическую линию. Поэтому в создаваемых математических моделях, построенных на основе экспериментальных данных, учитывают наиболее важные факторы, оказывающие существенное влияние на показатели эффективности. Именно этот подход к моделированию используется в многофакторном регрессионном анализе. Применение теории планирования эксперимента [3,4], позволяет уменьшить количество экспериментов, необходимых для построения регрессионной зависимости. Если регрессионные зависимости, связывающие показатели эффективности обогащения и классификации процесса с факторами, их определяющими, построить для двух вариантов: существующей технологической линии и линии, содержащей разработанный элемент (валковый грохот), то существует возможность сопоставления расчетных характеристик. На основе их сопоставлений может быть дана оценка эффективности разработанного устройства, причем эта оценка будет относиться к наиболее важным (общепризнанным) показателям. Использование регрессионной модели предполагает определение перечня тех параметров, связь между которыми задана уравнением регрессии.

Важной характеристикой процесса обогащения известняка является его эффективность E . Значение E зависит от множества факторов: характеристик использованного сырья, конструктивных параметров устройств, осуществляющих переработку сырья, режимов их работы. В процессе переработки сырья в производственных условиях карьеров характеристики исходного сырья будут изменяться. На разных уступах они будут различны. В значительной мере может измениться концентрация известняка α , которая коренным образом повлияет на показатель обогащения E .

Другим важным показателем, характеризующим процесс переработки карбонатного сырья, является эффективность классификации (грохочения) сырья E_r . Показатель в значительной степени определяет эффективность обогащения E и поэтому исследование факторов, определяющих достигаемый уровень E_r , пределов их изменения, оценка степени влияния этих факторов на E_r позволяет не только раскрыть особенности процесса грохочения, но и связать его показатели с эффективностью обогащения. Так же как и показатель E , значение E_r зависит от множества факторов. Существенно влияние, например, конструктивных элементов валково-пальцевого грохота. Изменение угла наклона, производительности грохота, количества оборотов вала и других параметров приводит к вариации значения E_r . Поэтому особое внимание следует уделить выбору перечня факторов, вводимых в создаваемые регрессионные модели. Ограниченное количество трудоемких опытов предполагает уменьшение общего числа факторов. При исследовании процесса необходимо учитывать все существенные факторы. Если их количество велико, то некоторые факторы должны быть стабилизированы на определенных уровнях в течение всего эксперимента [3].

Исходя из сказанного, были выделены два важных фактора, оказывающие существенное влияние на показатели E и E_r . Это содержание известняка в

исходном сырье α и влажность сырья W . Экспериментальные исследования направлены на установление существующих между ними связей. Причем исследования должны быть спланированы таким образом, чтобы на их основе существовала возможность создания регрессионных линейных зависимостей. Предложено в процессе выполнения опытов стабилизировать уровни других параметров, влияющих на E и E_T , что позволило ограничить количество факторов в создаваемых регрессионных моделях.

Установим границы возможных изменений факторов α и W . Опыт добычи сырья с разных уступов неоднородных карбонатных месторождений свидетельствует о том, что процентное содержание известняка в исходном сырье колеблется в пределах $\alpha = 50 \dots 80\%$. При проведении экспериментальных исследований получены цифры, близкие к указанным. Их будем считать граничными значениями вариации фактора α (51,43...78,73%). Влажность W характеризует климатические условия переработки сырья. Низкая влажность (6...7%) характерна для верхних слоев при солнечной погоде. Внутренние слои материала разрабатываемого утеса имеют большую влажность. Уже при влажности 12% эффективность грохочения известняка существенно снижается (часто до 20%), что грозит вынужденной остановкой технологической линии. Таким образом, граничными значениями фактора W будем считать влажности 6% и 12%.

Проведение химического анализа для расчета α состояло в промывании каждого узкого класса крупности частиц по классу 0,04 мм с выделением сопутствующих компонентов (преимущественно глинистых частиц и частиц песка), размер которых составил менее 50 мкм. После отмучивания подрешетного класса и обезвоживания надрешетного класса оба полученных продукта были высушены в духовом шкафу.

Важным моментом исследования является измерение влажности продукта. Это обусловлено тем, что значение влажности W в значительной мере определяет свойства материала, подлежащего переработке. Особенно ощутимы результаты ее влияния на эффективность грохочения. Остановимся на общей методике измерения влажности, которую автор использовал в процессе проведения экспериментальных исследований. Для замера влажности согласно ДСТУ Б.В.2.7-109-2001 отбирались две пробы массой по 0,5 кг. Отбор проб осуществлялся вручную таким образом, чтобы была возможность анализировать отдельно влажность известняка и сопутствующих компонентов. В процессе отбора проб были выявлены трещиноватые частицы-«сростки», которые при выполнении этой операции были разрушены. После исходного взвешивания отобранные пробы материала на поддонах помещались в печь и выдерживались при температуре $t_1 = (110 \pm 10)^\circ\text{C}$ в течение 1 часа, затем пробы остывали до температуры $t_2 = 15^\circ\text{C}$ в промежутке времени 30 минут.

Расчет влажности производится по формуле [5]:

$$W = \frac{G - G_1}{G_1}, \quad (1)$$

где G – масса пробы в состоянии природной влажности, г; G_1 – масса пробы в высушенном состоянии, г.

Учитывая существующую зависимость между крупностью частиц и содержанием в них известняка, для проведения экспериментов были использованы «закрупненные» и «замельченные» навески. Ясно, что крупненная навеска имела материал с завышенным α , а замельченная – с заниженным. Таким образом, обе навески представляли собой материалы, имеющие граничные (максимальное и минимальное) значения α , реализованные в регрессионных моделях.

Изменение влажности продукта осуществлялось добавлением воды в высушенную пробу. После добавления воды навеска тщательно перемешивалась до придания горной массе однородного характера. Количество добавляемой воды определяло процентное содержание влаги в материале. Таким образом, были реализованы граничные значения показателей влажности W (6% и 12%). Так как значение влажности материала зависит от массы воды, добавляемой в навеску, то реализация наперед заданных значений влажности в лабораторных условиях достигалась с достаточно высокой точностью.

При выполнении экспериментов анализировалось содержание известняка в надрешетном и подрешетном продуктах ($\beta, \%$), соответствующие выходы этих продуктов ($\gamma, \%$), извлечения ($\xi, \%$). Рассчитывалось содержание известняка в исходном продукте ($\alpha, \%$). Расчет этих показателей исходя из результатов взвешивания позволил расчетным путем определять значения эффективности обогащения E . Определение в процессе проведения опытов массы подрешетного продукта, а также массы частиц этого класса в исходном продукте позволило рассчитать значения показателей эффективности грохочения E_g . Для повышения достоверности результатов моделирования выполнялись параллельные опыты.

Экспериментальные исследования проводились в следующей последовательности:

- были подготовлены «закрупненные» навески со значительным содержанием известняка. Для этого вручную отбирались более крупные куски горной породы;

- были подготовлены «замельченные» навески, содержащие мелкие фракции исходного сырья со сравнительно низким содержанием известняка. Отбор навесок также осуществлялся вручную. При этом стремились обеспечить близкий гранулометрический состав отдельных проб;

- путем добавления воды в необходимом количестве обеспечивалась заданная планом эксперимента влажность исходного продукта (6% и 12%);

- в варианте испытаний без использования валково-пальцевого грохота навески просеивались через сито с размером ячеек 7 мм. Результаты классификации исходного сырья по классам 0 – 7 мм и 7 – 80 мм взвешивались;

- испытания «с использованием валково-пальцевого грохота» проводились аналогично варианту «без грохота», однако классификация частиц указанных

выше крупностей осуществлялась экспериментальным образцом валково-пальцевого грохота. Полученные надрешетные и подрешетные продукты грохочения взвешивались;

– осуществлялся анализ содержания известняка в выделенных классах 0 – 7 мм и 7 – 80 мм, а также в исходном сырье (α). Результаты отделения известняка от сопутствующих частиц взвешивались;

– исходя из результатов гранулометрических и химических анализов осуществлялся расчет показателей эффективности обогащения E и грохочения E_r .

Результаты проведенных экспериментальных исследований с закрупненными навесками представлены в табл. 1.

Таблица 1 - Исследования с «закрупненными» навесками

«Закрупненная» навеска									
Класс крупности, мм	Чистый известняк, г	Мелочь, г	Глина - 0,04, г	Част. выход γ , %	Сумм. выход γ , %	Содержание, %	Извлечение, %	Эффективность E_r , %	Эффективность E , %
7-80 мм	762	56	93	58,47	100,00	89,79	68,00	81,28	53,78
0-7 мм	385	0	262	41,53	41,53	59,51	32,00		
Итого	1147	56	355	100,0	-	-	100,00		
содержание известняка		77,21%		Влажность 6%		Инерционный грохот			
7-80 мм	950	36	41	59,99	100,00	96,01	72,66	89,90	50,48
0-7 мм	371	0	314	40,01	40,01	54,16	27,34		
Итого	1321	36	355	100,0			100,00		
содержание известняка		79,26%		Влажность 6%		Валково-пальцевый грохот			
7-80 мм	955	256	212	83,12	100,00	85,10	89,24	38,18	21,30
0-7 мм	146	0	143	16,88	16,88	50,52	10,76		
Итого	1101	256	355	100,0			100,00		
содержание известняка		79,26%		Влажность 12%		Инерционный грохот			
7-80 мм	950	96	88	66,24	100,00	92,24	77,08	75,85	42,59
0-7 мм	311	0	267	33,76	33,76	53,81	22,92		
Итого	1261	96	355	100,0			100,00		
содержание известняка		79,26%		Влажность 12%		Валково-пальцевый грохот			

Из таблицы видно, что при использовании валково-пальцевого грохота наблюдается увеличение массы подрешетного продукта (в сопоставлении с вариантом без грохота). Увеличение происходит за счет роста массы глинистых добавок и мелких частиц известняка. Причем в варианте с повышенной влажностью исходного продукта такое увеличение более ощутимо (в два раза). Это подтверждает тот факт, что обдирка наслоений с частиц горной породы благодаря воздействию пальцев грохота происходит и образовавшиеся мелкие

частицы глины, известняка переходят в подрешеточную область грохота. Результаты исследований с замельченными навесками приведены в табл.2.

Таблица2 - Результаты исследований с «замельченными» навесками

«Замельченнная» навеска									
Класс крупности, мм	Чистый известняк, г	Мелочь, г	Глина - 0,04 г	Част. выход γ , %	Сумм. выход γ , %	Содержание, %	Извлечение, %	Эффективность E_g , %	Эффективность E , %
7-80 мм	348	23	165	38,64	100,00	69,22	51,53	81,91	26,80
0-7 мм	349	0	502	61,36	61,36	41,01	48,47		
Итого	697	23	667	100,00			100,0		
Исх. содержание известняка		51,91%		Влажность 6%		Инерционный грохот			
7-80 мм	342	19	130	34,90	100,00	73,52	50,35	86,01	31,35
0-7 мм	356	0	560	65,10	65,10	38,86	49,65		
Итого	698	19	690	100,00			100,0		
содержание известняка		50,96%		Влажность 6%		Валково-пальцевый грохот			
7-80 мм	348	196	458	72,24	100,00	54,29	75,56	37,05	6,80
0-7 мм	176	0	209	27,76	27,76	45,71	24,44		
Итого	524	196	667	100,00			100,0		
содержание известняка		51,91%		Влажность 12%		Инерционный грохот			
7-80 мм	342	97	292	51,95	100,00	60,05	61,23	63,47	18,90
0-7 мм	278	0	398	48,05	48,0	41,12	38,77		
Итого	620	97	690	100,00			100,0		
содержание известняка		50,96%		Влажность 12%		Валково-пальцевый грохот			

Данные табл.2. свидетельствуют о том, что при низкой влажности замельченной навески эффект увеличения массы подрешетного продукта при использовании грохота выражен не столь существенно. Это обусловлено тем, что в «сухом» состоянии обдирка наслоений с частиц горной породы затруднена вследствие их повышенной прочности. Увеличение влажности навески до 12% приводит к снижению этой прочности, что сопровождается увеличением массы мелких частиц в подрешетном продукте. Это увеличение исходя из результатов, приведенных в табл.2. составило 1,75 раза.

Проявление эффекта сепарации частиц в предложенной конструкции валково-пальцевого грохота является важным аргументом его использования в технологических линиях обогащения известняков. Из табл.1. и табл.2. следует, что показатели процентного содержания известняка как закрупненных, так и замельченных навесок несколько отличаются. Это обусловлено изложенной выше процедурой формирования этих навесок, которая не позволяет в практике получить одинаковые значения α в разных навесках. Однако, из таблиц видно, что удалось получить близкие значения параметра α (79,26% и 77,21% – в

табл.1.; 51,91% и 50,96% – в табл.2.). Приведенные в таблицах значения E и E_r были использованы как исходные данные для построения регрессионных моделей.

Таким образом, при моделировании технологической линии для переработки и грохочения исходного известнякового сырья с различным гранулометрическим составом и влажностью, можно прогнозировать работоспособность линии в зависимости от влажности исходного сырья. При влажности 6% грохочение на инерционном и валково-пальцевом грохоте протекают с одинаковой эффективностью грохочения, однако при влажности 12% наступают существенные отличия. У валково-пальцевого грохота эффективность незначительно снижается, тогда как у инерционного грохота она падает до критических значений. Эффективность валково-пальцевого грохота объясняется протеканием процесса грохочения с принудительным переводом подрешетного материала в подрешетный продукт, а также постоянной очисткой ячеек грохочения фигурными элементами соседних валков.

Выводы.

Проведена серия экспериментальных исследований по оценке эффективности обогащения и классификации сырья Западно-Тягинского месторождения. При проведении экспериментов варьировались значения содержания известняка в исходном продукте, а также его влажности. Исследованы режимы классификации материала как при использовании валково-пальцевого грохота, так и без его применения. Результаты экспериментов позволили получить расчетные значения показателей эффективности обогащения и грохочения при заданных сочетаниях варьируемых параметров, выполнить сопоставительный анализ рассматриваемых подходов к грохочению материалов. Доказано, что при использовании валково-пальцевого грохота наблюдается увеличение массы подрешетного продукта (в сопоставлении с вариантом без грохота). Увеличение происходит благодаря росту массы глинистых добавок и мелких частиц известняка, причем в варианте повышенной влажности исходного продукта такое увеличение более ощутимо (в 1,75 – 2 раза). Проявление эффекта сепарации частиц в предложенной конструкции валково-пальцевого грохота является важным аргументом его использования в технологических линиях обогащения известняков. При повышении влажности сырья до 12 % эффективность грохочения валково-пальцевым грохотом превышает этот показатель для технологической линии без классификатора практически в 2 раза). Наличие валково-пальцевого грохота оказывает стабилизирующее действие на процесс классификации, что сопровождается также повышением эффективности обогащения (на 10–20%).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дрешпак А.С. Обоснование исходных параметров обогащения известняков из неоднородных карбонатных месторождений. / Збагачення корисних копалин, Вып. 64 (105). 2016. С. 59-68.

2. Дрешпак А.С. Особенности конструктивного исполнения фигурных дисков валково-пальцевого грохота / Збагачення корисних копалин, Вып. 71 (111). 2018. С. 29-38.
3. Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. / М.: Машиностроение, 1981, – 184с.
4. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента: Конспект лекций / Н.А. Спирин, В.В. Лавров. Под общ.ред. Н.А. Спирина. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ – УПИ, 2004. – 257с.
5. ДСТУ Б В.2.7-71-98. Щебінь та гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Методи фізико-механічних випробувань. Київ, 1999. 47 с.
6. Надутый, В.П. Синтез параметров валковых классификаторов вибрационного типа : Монография / В.П. Надутый, В.А. Остапенко, В.Ф. Ягнюков. – К. : Наук. думка, 2006. – 188 с.
7. Einsatz von Walzenrostsieben und Rotationsseparatoren zur Klassierung Sieb Schwinge / Guter Hake Andreas, Muller Thomas // Aufbereit.- Techn. - 2000. - 41, N 7. - P. 330 -335.

REFERENCES

1. Dreshpak, A.S. (2016), «Justification of the initial parameters of the enrichment of limestone from heterogeneous carbonate deposits». *Mineral resources enrichment*, Vol. 64 (105), pp. 59-68.
2. Dreshpak, A.S. (2018), «Features of constructive execution of curly discs of starscreen», *Mineral resources enrichment*, Vol. 71 (111), pp. 29-38.
3. Spiridonov, A.A. (1981), *Planirovaniye eksperimenta pri issledovanii tekhnologicheskikh protsessov* [Planning an experiment in the study of technological processes], Mechanical engineering, Moscow, RU.
4. Spyryin, N.A. and Lavrov, V.V. (2004), *Metody planirovaniya i obrabotki rezultatov inzhenernogo eksperimenta: Konspekt lektsiy* [Methods of planning and processing the results of an engineering experiment: Lecture notes], GOU VPO UGTU, Yekaterinburg, RU.
5. Research and Design Institute for the problems of mining, transportation and processing of mineral raw materials in the building materials industry (1999), *B V.2.7-71-98. Shchebin ta graviy iz shchilnykh girskykh porid i vidkhodiv promyslovogo vyrobnytstva dlya budivelnnykh robot. Metody fizyko-mekhanichnykh vyprobuvan* [B.V.2.7-21-98 Rubble and gravel from dense rocks and waste industrial production for construction works. Methods of physical and mechanical tests], Kyiv, Ukraine.
6. Naduty, V.P., Ostapenko, V.A. and Yagnjukov, V.F. (2006), *Sintez parametrov valkovykh klassifikatorov vibratsionnogo tipa: monografiya* [Synthesis of parameters rolling classifiers of a vibrating type: monograph], Naukova dumka, Kyiv, Ukraine.
7. Guter Hake, A. and Muller, T. (2000), *Einsatz von Walzenrostsieben und Rotationsseparatoren zur Klassierung Sieb Schwinge, Aufbereitechn*, Vol 7, pp. 330 -335.

Об авторе

Дрешпак Александр Станиславович, аспирант кафедры «Технологический инжиниринг переработки материалов», Национальный технический университет «Днепровская политехника», Днепр, Украина, a.dreshpak@gmail.com

About the author

Dreshpak Aleksandr Stanislavovich, Doctoral Student of the Department «Technological Engineering of Materials Processing», National Technical University «Dnipro Polytechnic», Dnipro, Ukraine, a.dreshpak@gmail.com

Анотація. Аналізуються процеси збагачення вихідної вапнякової сировини Західно-Тягинського неоднорідного карбонатного родовища. Сировина характеризується наявністю основного компонента (вапняку) та значних обсягів домішок (глинистих і піщаних добавок). Збагачення вихідної вапнякової сировини здійснюється шляхом її класифікації. При цьому частина вапняку з глинистими добавками направляються у відвал. Ефективність грохочення істотно залежить від вологості сировини. Розроблена автором конструкція валково-пальцевого грохоту дозволяє підвищити ефективність грохочення в умовах підвищеної вологості, що супроводжується підвищенням ефективності збагачення вихідної сировини. Викладено особливості методики проведення серії експериментальних досліджень процесу просіювання сировини з використанням валково-пальцевого грохоту та без його застосування. Виділено два фактори, які мають істотний вплив на показники збагачення і грохочення сировини. Ці фактори: зміст вапняку у вихідній сировині та вологість сировини. Експериментальні дослідження сплановані таким чином, що на їх основі існує можливість створення регресійних лінійних залежностей. Запропоновано в процесі виконання дослідів стабілізувати інші параметри, що впливають на показники ефективності процесу збагачення, на одному рівні. Встановлено межі варійованих параметрів. Зіставлені результати грохочення сировини в розглянутих варіантах з використанням валково-пальцевого грохоту та без його застосування. Встановлено, що при вологості 6 % інерційний та валково-пальцевий грохоти мають подібну ефективність збагачення, але при підвищенні вологості до 12 % ефективність грохочення з використанням валково-пальцевого грохоту збільшується в 2 рази. При використанні валково-пальцевого грохоту спостерігається збільшення маси підрешітного продукту (в 1,75-2 рази). Підвищується стабільність просіювання в розглянутих межах зміни вологості сировини. Ефективність його збагачення підвищується на 10-20%.

Ключові слова: вапняк, вологість, збагачення, валковий грохот, роликовий грохот, ефективність грохочення.

Annotation. Processes of concentration of limestone raw materials from the West-Tyaginsky non-homogeneous carbonate deposit are analyzed. Raw materials are characterized by the presence of main component (limestone) and significant volumes of impurities (clay and sandy additives). Concentration of feedstock is carried out by way of its classification when a part of the limestone with clay additives is directed to the dump. Efficiency of screening significantly depends on the raw material humidity. A new roll-finger screen designed by the author makes it possible to improve screening efficiency under conditions of high humidity and, consequently, to upgrade the raw material concentration. Specificity of methodology for conducting a series of experimental studies of the screening process for raw materials with and without using the roller-finger screen is described. Two factors that have a significant impact on the raw material concentration and screening - content of limestone and raw material humidity - are identified. Experimental studies are designed in such a way that, based on them, it is possible to create regression linear dependencies. It was proposed to stabilize, in the process of performing experiments, levels of other parameters that affect performance indicators of the concentration process. Boundaries were determined for the variable parameters. Results of raw material screening in the considered variants with and without use of the roller-finger screen were compared. It was established that at humidity of 6%, the inertial and roll-finger screens had similar screening efficiency, but when raw material humidity was increased up to 12%, screening efficiency was twice increased in variant with roll-finger screen. With using the roller-finger screen, mass of undersize product is increased by 1.75-2 times. Stability of screening within the considered limits of changes of raw material humidity is improved, and concentration efficiency increases by 10-20%.

Key words: limestone, humidity, concentration, finger screen, roller screen, efficiency of screening.

Стаття надійшла до редакції 25.03. 2018.

Рекомендовано до друку д-ром техн. наук В.П. Надутим.