

обов'язковими відносно актів цивільного законодавства. У договорах щодо забезпечення охорони і збереження території природно-заповідного фонду місцевого значення необхідно визначити строки їх дії, умови настання чинності, обставини зміни прав та обов'язків, підстави для зміни або розірвання зобов'язань.

Виконання зобов'язань суб'єктів права на землю щодо забезпечення природоохоронного режиму і збереження цінних природних комплексів, які мають місце на природоохоронній території, зумовлює обмеження права землекористувача (землевласника) на здійснення ефективної прибуткової господарської діяльності, зменшує вартість земельної ділянки, викликає необхідність витрачання коштів на попередження шкідливого зовнішнього впливу на територію (об'єкт) природно-заповідного фонду та його охорону. У зв'язку з цим у двосторонньому договорі мають передбачатись фінансові умови його реалізації.

Сутність економічних та екологічних відносин природоохоронного землекористування можна сформулювати як ефективність організації сукупності відповідних видів суспільної життєдіяльності, які здійснюються на конкретній території із залученням земельно-господарського та природно-ресурсного фактора в будь-якій формі та на відповідних правах, у різних масштабах і з різним

функціональним змістом у процес економічних, екологічних відносин суб'єктів землекористування (рис.3). Їх рівень визначається ступенем розвитку виробничих сил, станом земельного та природно – ресурсного факторів і характером суспільних відносин, у тому числі й земельних.

Висновки

Запроваджений наказом Мінприроди від 25.02.13 № 65 механізм оформлення охоронних зобов'язань на території та об'єкти природно-заповідного фонду не узгоджується з сучасними ринковими соціально-економічними відносинами, суперечить нормам цивільного і земельного законодавства. Відносини уповноважених природоохоронних органів влади з суб'єктами права на землю, де розташовані території і об'єкти ПЗФ місцевого значення, щодо забезпечення режиму їх охорони і збереження цінних природних комплексів повинні визначатись законодавчо-нормативними актами шляхом встановлення та державної реєстрації у земельному кадастрі територіальних природоохоронних обмежень (обтяжень) у використанні земель та інших природних ресурсів або у двосторонніх договорах відповідно до норм цивільного законодавства.

Література

1. Інструкція щодо оформлення охоронних зобов'язань на території та об'єкти природно-заповідного фонду: затв. Мінприроди України 25.02.13, № 65;
2. Закон України «Про природно-заповідний фонд України» // [Електрон. ресурс]. Документ 2456-12, чинний, редакція від 26.04.2014. Режим доступу: zakon.rada.gov.ua/go/2456-12
3. Земельний кодекс України [Електрон. ресурс] Закон від 25.10.2001 № 2768-III, редакція від 06.09.2014. – Режим доступу : zakon.rada.gov.ua/go/2768-14.

ЕКОЛОГІЯ І ВИРОБНИЦТВО

УДК 504.4:551.66.023

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ ТВЕРДОЙ ВЗВЕСИ ФОСФОГИПСА В ПОТОКЕ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ДЛЯ ЕГО ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ

Ивашенко Т. Г.

Государственная экологическая академия
последипломного образования и управления
ул. Митрополита Василия Липковского, 35, 03035, г. Киев,
emaa@bk.ru

Выполнен теоретический анализ процесса дегидратации фосфогипса при термической обработке частиц материала во взвешенном состоянии в потоке теплоносителя для повышения экологической безопасности процесса его переработки. Получена новая формула для определения гидравлического диаметра дегидрататора. *Ключевые слова:* многотоннажные отходы промышленности, фосфогипс, переработка, математическая модель, дегидратация.

Основні параметри установки для термообробки твердих суспензій фосфогіпсу в потоці теплоносія для його екологічно безпечної переробки. Івашенко Т. Г. Виконано теоретичний аналіз процесу дегідратації фосфогіпсу при термічній обробці частинок матеріалу у завислому стані в потоці теплоносія для підвищення екологічної безпеки процесу його переробки. Отримано нову формулу для визначення гідрравлічного діаметру дегідратора. *Ключові слова:* багатотоннажні відходи промисловості, фосфогіпс, переробка, математична модель, дегідратація.

Basic installation options for treating suspended solids in the flow of coolant phosphogypsum for environmentally safe recycling. Ivashchenko T. The theoretical analysis of the process of dehydration of phosphogypsum during heat treatment of the material particles suspended in the flow of coolant to improve the environmental safety of the process of its processing are shown. A new formula for determining the hydraulic diameter of the dehydrator are obtained. *Keywords:* large tonnage industry wastes, phosphogypsum, processing, mathematical model, dehydration.

Введение

Среди многотоннажных отходов промышленности значительный инте-

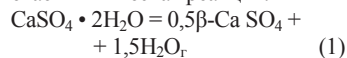
рес представляет использование фосфогипса в качестве сырья в производстве строительных материалов и изде-

лий. Это позволит приостановить дальнейшее загрязнение почвы, водного и воздушного бассейнов в районах его накопления, даст возможность начать процесс освобождения земли из под отвалов, снизить или даже остановить дальнейшую разработку и освоение карьеров по добыче природного гипсового сырья.

Вопросам утилизации фосфогипса уделяется значительное внимание во всех развитых странах мира, где проведены многочисленные исследования и предложены конкретные меры по утилизации фосфогипсовых отходов. Но, несмотря на это, фосфогипс продолжают сбрасывать в отвалы.

Изложение основного материала

В настоящее время исследуется новый способ переработки фосфогипса в строительные материалы. Суть его состоит в том, что дигидрат сульфата кальция, из которого состоит фосфогипс, превращается в полугидрат сульфата кальция во время пневмотранспортирования его твердой взвеси в потоке теплоносителя. Для осуществления этого превращения создан дегидратор, в котором обжиг фосфогипса осуществляется за несколько секунд. Частицы фосфогипса одновременно пневмотранспортируются, нагреваются и после нагрева протекает химическая реакция:



Процессы, осуществляемые в короткий промежуток времени, очень сложны и теоретически проработаны недостаточно. Методики расчета параметров машины не существует и

статья предлагается вариант его теоретического обоснования.

В процессе прохождения эндотермической реакции во время пневмотранспортирования твердой взвеси частиц материала в частицах материала с выделением газообразного компонента в его частицах изменяется характеристика теплоносителя и самого материала – не только плотность, температура и кинематическая вязкость, но и количество теплоносителя, проходящего через поперечное сечение газохода, поскольку газообразный продукт химической реакции становится компонентом теплоносителя.

Для определения основных параметров установки термической обработки необходимо определить скорость перемещения частиц материала относительно газового потока и скорость газового потока. Причем, продолжительность пребывания частиц в установке должна быть максимально приближена к скорости протекания реакции и незначительно превышать ее.

Скорость перемещения частиц дигидрата сульфата кальция в момент встречи с газовым потоком определяем по рекомендациям [1] с учётом критериальных зависимостей Архимеда (Ar) и Лященко (Ly):

$$Ar = \frac{d_3 \cdot g \cdot (\rho_i - \rho_w)}{v_2 \cdot \rho_r} \quad (2)$$

где d — максимальный диаметр частиц материала, м;

ρ_m, ρ_r - соответственно, плотность материала и газа, кг/м³;

v - кинематическая вязкость газа, м²/с.

Скорость перемещения частиц материала относительно теплоносителя определяется по формулам:

$$w_6 = \sqrt[3]{\frac{Ly \cdot v \cdot \rho_m \cdot g}{\rho_z}} \quad (3)$$

Анализируем материальные потоки в расчете на 1 кг конечного продукта - полугидрата сульфата кальция.

Теоретически потребление сухого сырья [2] (кг/кг полугидрата) может составить:

$$G_c^T = \frac{100}{100 - ППП^c} \quad (4)$$

где ППП - потери при прокаливании сырья, % от массы сырья.

Определяем практическое потребление сырья с учетом уноса пыли и остаточной влажности после сушилки, кг / кг полугидрата:

$$G_c = \frac{G_c^T \cdot 100}{100 - a_{vH}} \cdot \frac{100}{100 - w_c} \quad (5)$$

где a_{vH} - общий унос пыли, % от массы сырья,

w_c - влажность сырья, поступающего из сушилки, %.

При образовании 1 кг полугидрата выделяются пары влаги гидратной [2]:

$$G_w^c = \frac{G_c^T \cdot M_{1,5H_2O} \cdot (CaSQ \cdot 2H_2O)}{M_{CaSQ \cdot 2H_2O} \cdot 100} \quad (6)$$

где $M_{1,5H_2O}, M_{CaSO_4 \cdot 2H_2O}$ - молекулярная масса, соответственно, выделившейся из кристаллов дигидрата сульфата кальция, воды и самого дигидрата сульфата кальция, кг, $(CaSO_4 \cdot 2H_2O)$ - содержание дигидрата сульфата кальция в сырье; % физической влаги сырья в массовых единицах:

$$G_w^{\phi} = \frac{G_c \cdot W_c}{100 - W_c} = \frac{1,2 \cdot 1}{100 - 1} = 0,01; \quad (7)$$

в объёмных единицах:

$$V_w^{\phi} = \frac{G_w^{\phi}}{\rho_{в.п}} \quad (8)$$

Общее количество тепла, которое теплоноситель должен передать материалу, определяется из формулы:

$$Q_m = \alpha \cdot F \cdot \Delta t \cdot \tau \quad (9)$$

где Δt - разности температур теплоносителя и материала на входе и выходе из агрегата.

Количество тепла, получаемое материалом, расходуется на нагрев материала, испарение остаточной влаги и дегидратацию. Исходя из этого, примем следующие допущения:

- подсистемы (теплоноситель - твердое тело) могут обмениваться массой в результате химической реакции, а система в целом является закрытой;

- для упрощения рассуждений пренебрегаем потерями в окружающую среду;

- принимаем, что сумма массы материала и теплоносителя в начале тепловой обработки и в конце ее - величина постоянная;

- температура материала и температура теплоносителя на выходе из установки равны между собой.

Количество тепла, передаваемое теплоносителем материалу складывается из:

- тепла, необходимого на нагрев материала и влаги в нем:

$$Q_1 = m \cdot c \cdot (t - t_1) + m_w \cdot c_w \cdot (t_2 - t_1); \quad (10)$$

- тепла, расходуемого на испарение влаги:

$$Q_2 = m_w \cdot r; \quad (11)$$

- теплового эффекта химической реакции дегидратации:

$$Q_3 = m \cdot Q_f \cdot \beta \quad (12)$$

Тогда уравнение теплового баланса принимает вид:

$$\alpha F \Delta t \tau = Q \quad (13)$$

или

$$\alpha F \Delta t \tau = mc(t-t_1) + m_w c_w(t_2-t_1) + m_w r + m Q_f \cdot \beta, \quad (14)$$

где m - масса материала, кг;

α - коэффициент теплоотдачи от теплоносителя к материалу, Вт/м²гр;

F - теплоспринимающая поверхность материала, м²/кг;

Δt - разность температур между материалом и теплоносителем;

τ - время, с;

c - теплоемкость материала, Дж / кг гр;

t , t_f - соответственно температура материала на выходе из установки и на входе в установку;

t_2 - температура испарения влаги;

m - масса теплоносителя, кг;

c_w - теплоемкость теплоносителя, Дж/кг гр;

m_w - масса влаги в материале, кг;

r - удельная теплота парообразования, Дж / кг;

Q_f - тепловой эффект реакции при температуре протекания реакции, Дж/кг;

β - степень завершенности химической реакции.

Продолжительность обжига во взвешенном состоянии:

$$\tau = \frac{Q}{F \cdot \alpha \cdot \Delta t}, \quad (15)$$

где F - теплоспринимающая поверхность материала, м²/с,

$$\left(F = \frac{6 \cdot G}{d \cdot \rho_M} \right); \quad (16)$$

α - коэффициент теплоотдачи между теплоносителем и материалом;

Δt - среднелогарифмическая разность температур между теплоносителем и материалом, °С [1]:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_B - \Delta t_M}{2,31 \lg \frac{\Delta t_B}{\Delta t_M}}, \quad (17)$$

где Δt_B - наибольшая разность температур между газовым потоком и материалом, °С;

Δt_M - наименьшая разность температур между газовым потоком и материалом, °С.

Наибольшая разность температур при прямотоке:

$$\Delta t_B = t_n^r - t_n^m, \quad (18)$$

где $t_n^r - t_n^m$ - соответственно начальная температура газа и материала, °С.

Наименьшая разность температур при прямотоке

$$\Delta t_M = t_k^r - t_k^m, \quad (19)$$

где $t_k^r - t_k^m$ - соответственно конечная температура газа и материала.

Теоретическое определение коэффициента теплоотдачи осуществляем по формуле [1]:

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{d}, \quad (20)$$

где Nu - критерий Нуссельта;

λ - коэффициент теплопроводности теплоносителя, Вт/м²гр;

d - диаметр частицы материала, м.

Определяем внутренний гидравлический диаметр дегидрататора в начале термообработки

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi \omega}}, \quad (21)$$

где V - секундный расход теплоносителя, м³/с;

ω - действительная скорость движения газов, м/с.

Действительная скорость движения газов определяется по скорости перемещения наиболее крупных частиц материала. При этом, по мнению П. В. Левченко [3], она должна на (20-30)% превышать скорость перемещения, чтобы не создавать лишние аэродинамические сопротивления и не способствовать увеличению расхода энергии. Соколов [1] считает, что действительная скорость движения газов должна быть больше скорости перемещения взвешенных частиц в 1,5-2 раза.

Секундный расход теплоносителя на входе в обжиговую установку представляет собой произведение определенное заранее (из теплового баланса) удельного расхода теплоносителя на производительность обжиговой установки:

$$D = \sqrt{\frac{1,27 \cdot P \left(V_{\Gamma} \frac{273+t}{273} + \frac{Gc \cdot M_{1,5H_2O} \cdot (CaSO_4 \cdot 2H_2O)}{M_{CaSO_4 \cdot 2H_2O \cdot \rho_{ам}} \cdot 100} \right)}{\omega_2}}. \quad (25)$$

Широко известна формула определения длины пути прохождения частицами материала, который транспортируется газовым потоком:

$$l = (\omega_r - \omega_b) \tau \quad (26)$$

На фото (рис. 1) видно, как выглядит траектория движения частиц фосфогипса при транспортировании их теплоносителем внутри вертикальной шахты (часть трубы сделана из квар-

цевого стекла). Частицы материала двигаются не прямолинейно, а вернее их путь движения близок к спиралевидному.

Очевидно, что высота дегидрататора может быть меньше пути движения частиц в том случае, если при определении времени движения частиц учтен период, необходимый для завершения всех тепловых процессов, в том числе и химических реакций.

$$V = V_{\Gamma} \cdot P \frac{273+t}{273}, \quad (22)$$

где P - производительность обжиговой установки по конечному продукту, кг/с.

На выходе из обжиговой установки к удельному объёму теплоносителя добавляется влага, выделившаяся при дегидратации

$$V = [V_{\Gamma}(1+t/273) + v_{H_2O}^m] P, \quad (23)$$

где V_2 - количество теплоносителя, определяемое из уравнения теплового баланса.

Количество водяных паров, выделившихся при дегидратации дигидрата сульфата кальция до полуводного гипса определяем по формуле:

$$V_{H_2O}^m = \frac{Gc \cdot M_{1,5H_2O} \cdot (CaSO_4 \cdot 2H_2O)}{M_{CaSO_4 \cdot 2H_2O \cdot \rho_{ам}} \cdot 100}, \quad (24)$$

Гидравлический диаметр дегидрататора на выходе из обжиговой установки (м) по формуле:

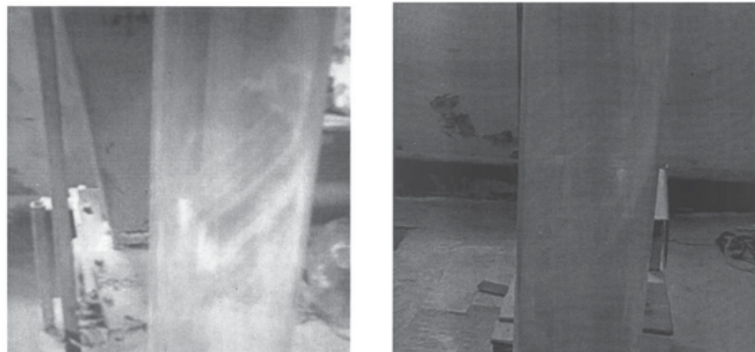


Рис. 1 - Траектория движения частиц фосфогипса при пневмотранспортировании

Тогда формула высоты дегидрататора принимает вид:

$$H = kl \quad (27)$$

где k - коэффициент, учитывающий непрямолинейность движения частиц материала и продолжения теплообмена в циклонах и соединительных трубах. В настоящее время величина этого коэффициента уточняется.

Вывод

Предложена математическая модель взаимосвязи между гидравлическим диаметром дегидрататора и основными параметрами теплоносителя и твердой взвеси в нем, которая позволяет при определении гидравлического диаметра учитывать не только характеристику теплоносителя, но и основные параметры частиц материала, взвешенных в газовом потоке. Такая модель учитывает минимальные газосырые загрязнения окружающей среды.

Литература

1. Соколов В. Н. Машины и аппараты химических производств / В.Н. Соколов. - Л: Машиностроение. - 1982. - С. 300-306.
2. Воробьев Х.С. Теплотехнические расчеты цементных печей и аппаратов / Х.С. Воробьев, Д.Я. Мазуров. - М: Высшая школа. - 1982. - 350 с.
3. Левченко П. В. Расчеты печей и сушил силикатной промышленности / П. В. Левченко. - М: Высшая школа. - 1968. - С. 230-234.

УДК 502.37:502.35:553.62

ПРОБЛЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ СИТУАЦІЇ В КАЛУСЬКОМУ ГІРНИЧОПРОМИСЛОВОМУ РАЙОНІ

Рудько Г.І., Петришин В.Ю.

Державна комісія України по запасах корисних копалин,
вул. Кутузова 18/7, 01133, м. Київ,
geology1982@ukr.net

Проведено аналіз екологічно небезпечних об'єктів Калуського гірничопромислового району, геологічної будови та гідрогеологічних умов залягання соленосних формацій Прикарпатського прогину. Показано основні характерні особливості мінерального складу та петрографічних характеристик покладів калійних солей. Запропоновано варіанти ліквідації Домбровського кар'єру ДП «Калійний завод». Стратегічні перспективи Передкарпаття пов'язані саме з відродженням калійного виробництва. Один з ефективних засобів розв'язання екологічних проблем Калуша і Прикарпаття - це переробка розсолів Домбровського кар'єру, що збереже родовище, значні бюджетні кошти на охорону довкілля, дасть країні цінні калійні добрива. *Ключові слова:* соленосна формація, геологічна будова, екологічна проблема, поклади солей, калійні добрива, охорона довкілля.

Проблеми стабилизации экологической ситуации в Калушском горнопромышленном районе. Рудько Г.И., Петришин В.Ю. Проведен анализ экологически опасных объектов Калушского горнопромышленного района, геологического строения и гидрогеологических условий залегания соленосных формаций Прикарпатского прогиба. Показаны основные характерные особенности минерального состава и петрографических характеристик залежей калийных солей. Предложены варианты ликвидации Домбровского карьера ГП «Калийный завод». Стратегические перспективы Прикарпатья связаны именно с возрождением калийного производства. Один из эффективных способов решения экологических проблем Калуша и Прикарпатья - это переработка рассола Домбровского карьера, что сохранит месторождение, значительные бюджетные средства на охрану окружающей среды, даст стране ценные калийные удобрения. *Ключевые слова:* соленосная формация, геологическое строение, экологическая проблема, залежи солей, калийные удобрения, охрана окружающей среды.

Problems of ecological situation stabilization in Kalush mining region. Rudko G., Petryshyn V. The present paper analyzes ecologically hazardous objects of Kalush mining region with geological structure and hydrogeological conditions of salt formation occurrences within the Precarpathian foredeep. The basic characteristic features of mineral composition and petrographic characteristics of potassium salts were presented. Liquidation variants of Dombrovskiy quarry of State Enterprise "Potassium Plant" were proposed. Strategic perspectives of Carpathian region are connected with the renewal of potassium production. One of the most effective means of solving environmental problems for Kalush and Carpathian regions - operation of brine processing in Dombrovskiy quarry. It will save the deposit and significant budget funds, allocated today for environmental protection and provide the country with valuable potassium fertilizers. *Keywords:* salt formation, geological structure, environmental issue, deposits of salt, potash, environment.

Для України на поточному етапі розвитку та в її найближчому майбутньому все зростаюче значення матиме проблема закриття гірничих