

ВЫВОДЫ

Разработаны теоретические основы технологии обогащения строительного песка исходя из классических основ при разделении продуктов в условиях сложившихся обогатительных переделов при обработке различных видов минерального сырья.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Нормы технологического проектирования предприятий промышленности нерудных строительных материалов. Ленинград.-Стройиздат. – 1977.- 368с.
2. Справочник по обогащению руд. В 3-х т. Гл.ред. О.С.Богданов. Т.1.Подготовительные процессы. М.: Недра, 1972.- 448с.
3. Т.Г.Фоменко, В.С.Бутовецкий, Е.И.Погарцева. Водно – шламовое хозяйство углеобогатительных фабрик. – М.: Недра, 1974.
4. Neesse, Th., Schneider, M., Mechanotronik für eine Hydrozyklonbattery. Aufbereitungstechnik 40. – 1999, p.160-165.
5. Neesse, Th., Donhauser, F. Advances in the Theory and Practice of Hydrocyclone Technique.

УДК 691.3**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СИНТЕТИЧЕСКОГО ГИПСА ПРИ ДЕСУЛЬФУРАЦИИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ**

д.т.н., проф. **Большаков В.И.***,

д.т.н. **Кирнарский А.С.**, д.т.н. **Савицкий Н.В.***

фирма «Инжиниринг Доберсек ГмбХ»(Германия),

**Приднeпровская государственная академия строительства и архитектуры*

Аннотация

Представлены технологические особенности получения синтетического гипса при десульфурации дымовых газов тепловых электростанций с подробным анализом схем обезвоживания гипсовой суспензии после мокрого известкового связывания диоксидов серы в абсорбционных колоннах. Изложен расчет водно – шламовой схемы при работе с гидроциклонами и ленточными вакуум – фильтрами, сгустительными устройствами и центрифугами, указаны недостатки и преимущества различных вариантов компоновки технологического оборудования при обезвоживании гипса.

Актуальность проблематики и постановка задачи исследований.

Одним из условий природосберегающего режима работы различных типов теплоэлектростанций, работающих на угле, мазуте или природном газе, является эффективная очистка продуктов сгорания от диоксидов серы, для чего применяется десульфурация дымовых газов, основным побочным продуктом которой есть искусственный гипс (ДДС-гипс).

В Европе искусственный гипс, так называемый REA-Gips, производится уже 25 лет, при этом за этот период реализовано 100 млн. тонн такого сырья.

В настоящее время в 17 европейских странах ежегодно получают 16 млн. тонн гипса при очистке дымовых газов. Наиболее совершенные системы этой технологии разработаны в Германии. Не случайно на немецких электростанциях, работающих на буром и каменном угле, ежегодно производится 7,5 млн. тонн искусственного гипса, используемого в строительной промышленности в качестве заменителя природного гипса. На одной современной электростанции мощностью 750 МВт, в топках которой сжигается обогащенный энергетический каменный уголь с содержанием серы от 0,6 до 1,0%, при эффективности улавливания диоксидов серы мокрым известняковым способом 95% получают ежечасно 9-14 т высококачественного ДДС - гипса.

Такой продукт находит широкое применение в строительной промышленности при производстве бетона и гипсокартонных плит при условии, что он удовлетворяет требованиям по влажности (не более 10%) и белизне (Стандарт ФРГ VGB-M 701e, 1991).

Цель настоящих исследований. В настоящей работе на базе сложившейся на западных предприятиях технологии, в частности германских, предложена технология получения синтетического гипса при десульфурации дымовых газов тепловых электростанций.

Содержательная часть исследований.**1. Десульфурация дымовых газов известковым раствором**

Согласно традиционной технологии очистки дымовых газов на первом этапе имеет место удаление из их состава механических примесей типа летучей золы, инертных компонентов, для чего применяют электрофильтры. Коэффициент пылеулавливания таких устройств равен 95%.

На втором этапе происходит химическое взаимодействие диоксидов серы (SO₂) с карбонатом кальция, подаваемого циркуляционными насосами в абсорбционную колонну в виде известкового молока, при этом дымовые газы после противоточной обработки рабочим карбонатным раствором с содержанием твердого 10-20% могут вытяжным вентилятором выбрасываться в атмосферу (одностадийная сероочистка, рис.1) или направляться на перемешку во вторую абсорбционную колонну (двухстадийная сероочистка). Очищенный от диоксидов серы и пыли дымовой газ на выходе из абсорбционного отделения имеет температуру не менее 130°С.

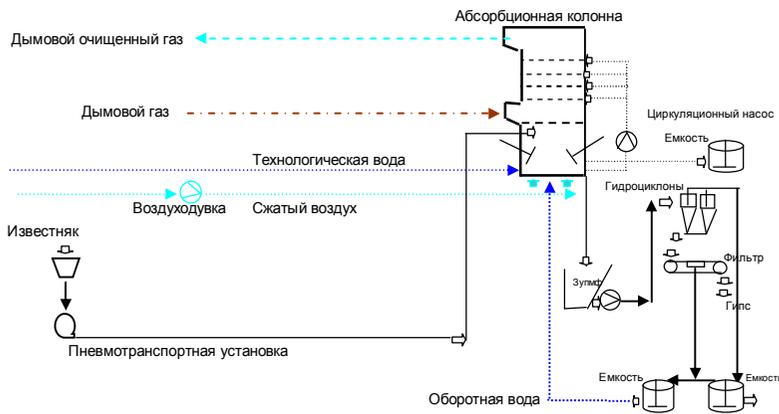
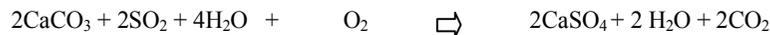
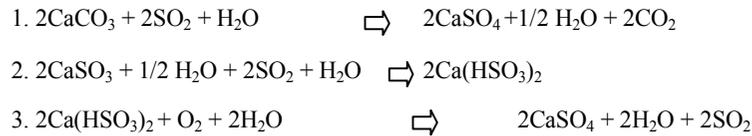


Рис. 1. Принципиальная схема одностадийной десульфурации дымовых газов

До настоящего времени нет единого взгляда на механизм поглощения диоксидов серы. В частности, не ясно как протекает сам процесс: в одну или несколько стадий. Так, Штраус и Цвигарт [1] считают, что химическое взаимодействие диоксида серы, карбоната кальция и кислорода проходит ступенчато в следующей последовательности: сначала известковое молоко вступает в реакцию с диоксидом серы и водой, результатом чего есть получение полугидрата сульфата кальция, после чего на второй стадии процесса полугидрат сульфата кальция взаимодействует с диоксидом серы и водой с образованием гидросульфита кальция, который при наличии кислорода и воды образует дигидрат сульфата кальция или гипс, что можно записать химическими уравнениями вида:



Основная задача абсорбционных колонн состоит в эффективной очистке дымовых газов от диоксидов серы и получении синтетического гипса высокого качества, при этом технологический режим десульфурации контролируется по содержанию твердого в гипсовой суспензии и концентрации водородных ионов (рН-среды).

Полученный искусственным путем гипс в виде гипсовой суспензии поступает на обезвоживание.

2. Обезвоживание гипсовой суспензии с неглубоким осветлением оборотной воды, поступающей на приготовление известкового раствора

Гипсовая суспензия, поступающая с абсорбционных колонн на обезвоживание, имеет содержание твердой фазы в пределах от 11 до 15%. Гранулометрический состав твердых кристаллов гипса изменяются в зависимости от того, какое время и в каком режиме циркулирует суспензия в системе мокрого известкового улавливания диоксидов серы. Исходя из разжижения и дисперсности твердой фазы, обычно предпочитают двухстадийную схему обезвоживания, при этом на первой стадии имеет место предварительное сгущение суспензии до содержания твердого 45 – 55%, для чего применяют гидроциклоны малого диаметра или радиальные сгустители. В некоторых случаях слив гидроциклонов перечисляется дополнительными в гидроциклонах, слив которых сбрасывается в виде отвальных отходов. На второй стадии осуществляется обезвоживание сгущенного продукта до влажности менее 10%, для чего устанавливают ленточные вакуум – фильтры или фильтрующие центрифуги, работающие в периодическом режиме. Схема с применением гидроциклонов представлена на рис.2.

При определении оптимальной подачи на гидроциклонную установку исходили из зависимости объема перерабатываемой гипсовой суспензии от уровня эксплуатационных затрат (рис.3), при этом рассчитывали расход электроэнергии при подаче гипсовой суспензии на гидроциклоны и при фильтровании ее на ленточном вакуум – фильтре, а также расход фильтроткани на последнем в зависимости от коэффициента использования оборудования.

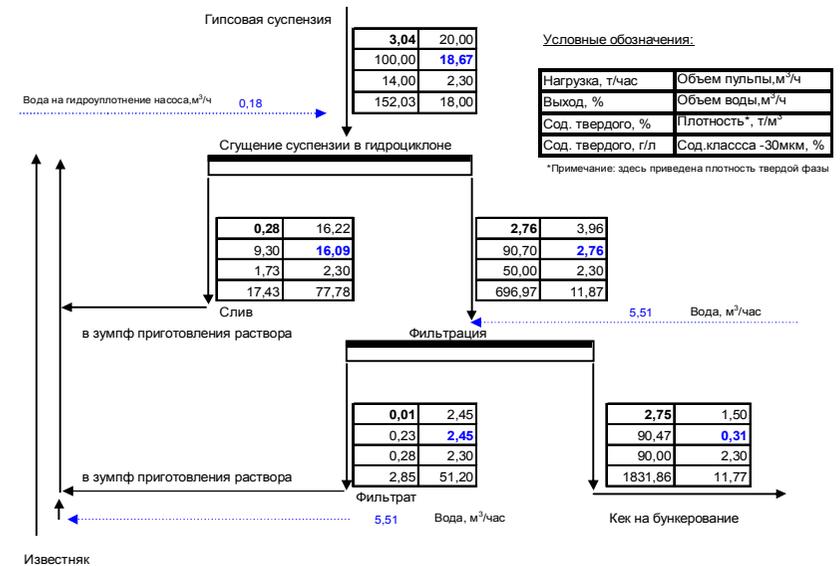


Рис.2. Водно-шламовая схема обезвоживания гипсовой суспензии

Согласно данным минералого – петрографического института в Бонне [2], полученным на основании исследований роста кристаллов гипса в условиях натурной пробы фильтрата и раствора ДДС-гипса гранулометрический состав кристаллов гипса игольчатой формы отличается значительным количеством классов 20-60мкм, доля которых достигает 62% (см. таблицу 1).

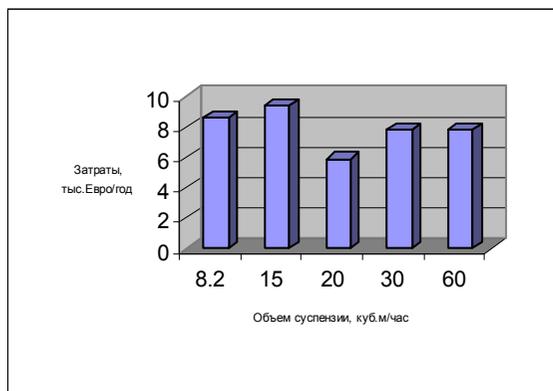


Рис. 3. Зависимость эксплуатационных затрат от объема перерабатываемой гипсовой суспензии, поступающей в отделение ее обезвоживания

Таблица 1
Гранулометрический состав ДДС-гипса, получаемого при десульфурации дымовых газов [2]

Класс крупности, мкм	Выход классов, %
120 - 500	4,00
110 - 120	7,00
100 - 110	9,50
90 - 100	5,00
80 - 90	7,00
70 - 80	6,00
60 - 70	7,50
50 - 60	14,00
40 - 50	16,00
30 - 40	17,00
20 - 30	15,00
10 - 20	2,50
0,0 - 10	0,50
Итого	100,00

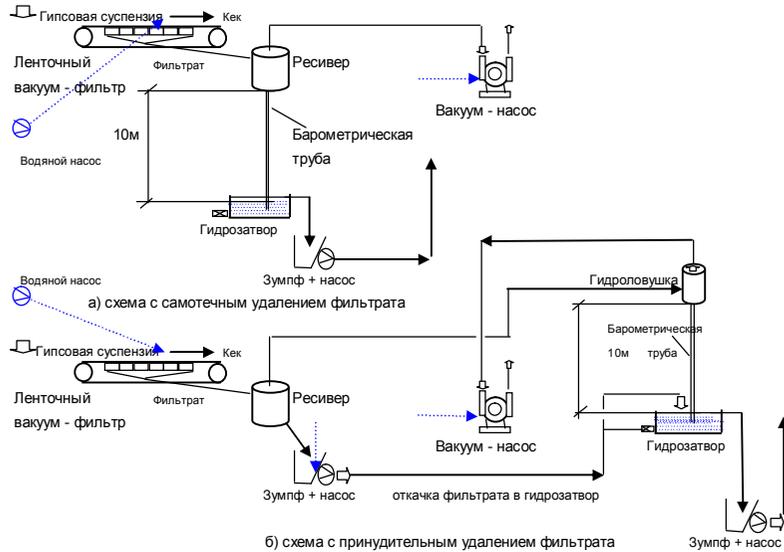
Что касается содержания тонких классов крупностью менее 5мкм, то здесь надо учитывать механические примеси в составе твердой фазы суспензии, оставшихся после пылеулавливания в электрофильтрах и представленных инертными или зольными частицами, остатками сажи и органическими составляющими различной природы.

При разжижении суспензии до 14% перед гидроциклонированием рассчитаем эффективность гидроклассификации, для чего воспользуемся традиционной формулой Ханкока – Луйкена - Дина:

$$\eta = \frac{(\alpha - \theta) \cdot (\beta - \alpha)}{\alpha \cdot (1 - \alpha) \cdot (\beta - \theta)} \cdot 100, \%$$

где α, β, θ - содержание расчетного класса крупностью менее 30мкм соответственно в питании (0,18), сливе (0,778) и песках (0,1178) гидроциклона, в долях единицы. Полученное значение эффективности на уровне 38,2% указывает на то, что гидроциклон преимущественно выполняет функцию сгустительного устройства, при этом содержание твердого в песках колеблется в пределах от 45 до 55%. Вспомогательная функция гидроциклона сводится к обесшламливанию гипсовой суспензии от тонкодисперсных частиц, отрицательно влияющих на показатели последующего фильтрования, в частности на удельную производительность аппарата и достигаемую влажность кека. Диаметр применяемых гидроциклонов составляет 50-100 мм при размере песковой насадки 10-15мм. Удельная нагрузка на песковую насадку по сгущенному продукту не превышает 1,2 т/(см²·час).

Предварительно сгущенная и обесшламленная гипсовая суспензия самотеком направляется на ленточный вакуум-фильтр, удельная производительность которого в среднем равна 1,0 т/(м²·час), а глубина вакуума поддерживается на уровне 0,5 бар. Оптимальная толщина кека на фильтрующей поверхности составляет 40 мм. Достижение упомянутых технологических показателей во многом зависит от правильной организации фильтровального хозяйства, которое в зависимости от расположения вакуум – фильтра, на верхних или нижних этажах фабрики, выполняется соответственно с самотечным или принудительным удалением фильтрата, что показано на рис.4.



Схемы вакуумного хозяйства фильтровальной установки

Рис. 4. Схемы вакуумного хозяйства фильтровальной установки

Как видно из рисунка 4 вакуумная система фильтровальной установки включает в себя вакуум-насос водокольцевого типа, ресивер с барометрической трубой, гидроразделитель, гидрозатвор и насос для откачки фильтрата и воды после промывки полотна.

Для откачки фильтрата и воды после промывки полотна в количестве $10,0 \text{ м}^3/\text{час}$, назначается насос, мощность приводного электродвигателя которого составляет $4,5 \text{ кВт}$. Настоящий насос выбран исходя из откачиваемого объема и 25%-го запаса по подаче. Тогда вместимость зумпфа назначается по максимально возможной подаче суспензии, которая составляет $10 \text{ м}^3/\text{час}$. Отсюда вместимость зумпфа назначаем равной $0,2 \text{ м}^3$.

Пропускная способность барометрической трубы с учетом потерь на сжатие определяется по формуле

$$Q_{\text{бар.тр.}} = \mu \cdot v \cdot S, \text{ м}^3/\text{сек}$$

где μ – коэффициент расхода, который для условий фильтрования равен $0,6$, v – скорость истечения фильтрата по барометрической трубе, $2,50 \text{ м}/\text{сек}$, S – искомая площадь поперечного сечения барометрической трубы, м^2 . Тогда расчетный диаметр барометрической трубы равен

$$S = \frac{Q}{(\mu \cdot v)} = 0,0028 / (0,6 \cdot 2,5) = 0,00185 \text{ м}^2$$

$$D_{\text{бар.тр.}} = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00033}{3,14}} = 0,04857 \text{ м} = 48,57 \text{ мм}$$

Назначаем диаметр барометрической трубы $50,8 \text{ мм}$.

Как видно из рис.2 предпочтительнее вакуум – фильтр размещать на отметках более 10 м , что позволяет обеспечить самотечное удаление фильтрата, т.е. применить схему а), которая требует меньше энергетических затрат, оборудования и вакуумных коммуникаций и более надежна ввиду наличия барометрического затвора при истечении фильтрата из ресивера. Сам ленточный вакуум – фильтр представлен на рис.5. Во избежание проблем с закупориванием ячеек фильтровального полотна и сокращения его износа фильтроткань выполняется из полистера или полипропилена.

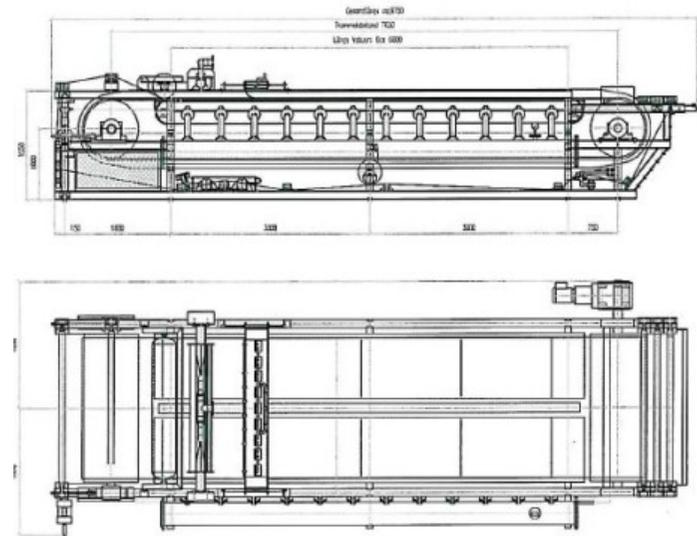


Рис. 5. Ленточный вакуум – фильтр для фильтрования гипсовой суспензии, сгущенной до 45 – 55% твердого в гидроциклонах

Гипсовый осадок вакуум – фильтра ленточным конвейером транспортируется в бункер, откуда он поступает в сушилку или отгружается в автотранспорт без термической обработки. В случае применения термической

сушки необходимо применять установки кипящего слоя, при этом сушонка иногда подвергается дроблению и последующей упаковке.

Свойства получаемого синтетического гипса приведены в таблице 2.

Таблица 2

Характеристики искусственного гипса, получаемого при десульфурации дымовых газов[3]

Параметры	Натуральный гипс	ДДС - гипс
Содержание CaSO ₄ ·2H ₂ O, %	95,3	93-96
pH	7,0	6,5
Запах	нейтральный	нейтральный
Насыпная плотность, кг/м ³	1020	1000
Дисперсность частиц, d ₅₀ , мкм		
> 90 мкм, %	32,9	0,2
> 30 мкм, %	59,3	53,5
Содержание MgO, %	0,02	0,02
Содержание Na ₂ O, %	0,01	0,02
Содержание K ₂ O, %	0,02	0,01
Содержание Fe ₂ O ₃ , %	0,1	0,03
Содержание Al ₂ O ₃ , %	0,1	0,03
Содержание SiO ₂ , %	1,2	0,2
Содержание CaCO ₃ и MgCO ₃ , %	2,7	0,3
Содержание хлоридов, ppm	20	60

Рассмотренная схема может работать непрерывно и периодически, в ней не применяются химические реагенты типа флокулянтов для осветления оборотной воды, что следует отнести к ее достоинствам. Недостатками такого технологического решения есть громоздкость и значительное энергопотребление фильтровального хозяйства, частая замена фильтроткани и наличие примесей в составе оборотной воды, поэтому в последнее время находит применение схема с применением центрифуг на завершающей стадии обезвоживания, что и изложено в следующем разделе.

3. Обезвоживание гипсовой суспензии с глубоким осветлением оборотной воды, поступающей на приготовление известкового раствора

Гипсовая суспензия из абсорбционных колонн направляется в сгуститель, где при подаче флокулянта происходит осветление верхних слоев и сгущение нижних слоев. Сгущенный продукт сгустителя направляется в фильтрующую вертикальную центрифугу, общий вид которой показан на рис.6.

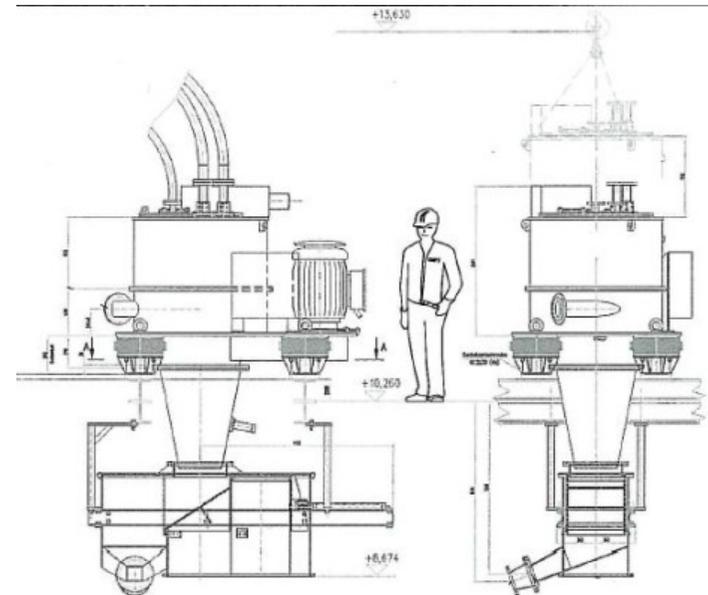


Рис. 6. Вертикальная фильтрующая центрифуга для обезвоживания гипса

Настоящая центрифуга разработана специально для обезвоживания гипса в периодическом режиме и имеет технические характеристики, которые приведены в таблице 3.

Таблица 3

Технические характеристики фильтрующей центрифуги

Наименование параметров	Размерность	Численное значение
Производительность по гипсу влажностью менее 10%	т/час	1,5
Площадь фильтрующей корзины центрифуги	м ²	2,0
Продолжительность загрузки/выгрузки центрифуги	мин.	10
Рабочий объем	дм ³	220
Частота вращения ротора, макс.	об/мин.	800
Уровень шума	dB	82
Мощность электродвигателя	кВт	37
Частота вращения ротора	об/мин	1000
Диаметр барабана	мм	1000
Масса, вкл. электродвигатель	т	4,6

Основной материал всех гуммированных частей вертикальной центрифуги это нержавеющая сталь. Гуммирование выполняется твердой резиной слоем толщиной 3 мм. На тех частях центрифуги, которые подвергаются значительному абразивному износу, предусмотрено многослойное мягкое гуммирование толщиной 5 мм. Части установки, которые не гуммированы, но контактируют с материалом, выполняются из нержавеющей стали или полипропилена.

Баланс продуктов центрифугирования, рассчитанный при нагрузке на центрифугу 1,56 т/час и плотности гипса 2,3 т/м³, сведен в таблицу 4.

Таблица 4

Материальный баланс продуктов обезвоживания гипса в центрифуге

Наименование параметров	Исходный продукт	Осадок	Фугат
Производительность, т/ч	1,560	1,517	0,043
Выход по массе, %	100,00	97,24	2,76
Содержание твердого, %	50,98	90,00	3,123
Содержание твердого, г/л	716,17	1831,86	71,82
Объем воды, м ³ /час	1,50	0,169	1,331
Объем суспензии, м ³ /час	2,178	9,828	1,350

Определив баланс продуктов центрифугирования, можем разработать водно – шламовую схему при периодическом обезвоживании гипсовой суспензии, на первой стадии которой имеет место осаждение частиц твердой фазы в радиальном сгустителе. Возможно применение пастового сгустителя. В целях сокращения площади осветления за счет интенсификации осаждения уместно использовать флокулянты. Сгущенный продукт радиального сгустителя подвергается на второй стадии обезвоживанию в фильтрующей центрифуге с выделением кондиционного гипсового осадка влажностью менее 10% и фугата, содержащего не только инертные и зольные примеси, но и тонкодисперсные кристаллы гипса, поэтому его возвращают на сгущение в сгуститель, на сливе которого получают чистый слив, направляемый на приготовление рабочего раствора известняка, что и представлено на рис. 7.

К преимуществам настоящей схемы обезвоживания гипсовой суспензии следует отнести возможность получения чистой оборотной воды, использования рабочей емкости сгустительного устройства не только для осветления и сгущения суспензии, но и с целью усреднения кристаллической твердой фазы ее и дополнительного роста кристаллов, что облегчает последующее их отделение в фильтрующих центрифугах. Применение последних упрощает структуру вспомогательного хозяйства водно – шламовой схемы. К недостаткам ее относится применение флокулянтов, так как это сопряжено с повышением эксплуатационных затрат и может влиять на протекание технологического процесса в абсорбционных колоннах.

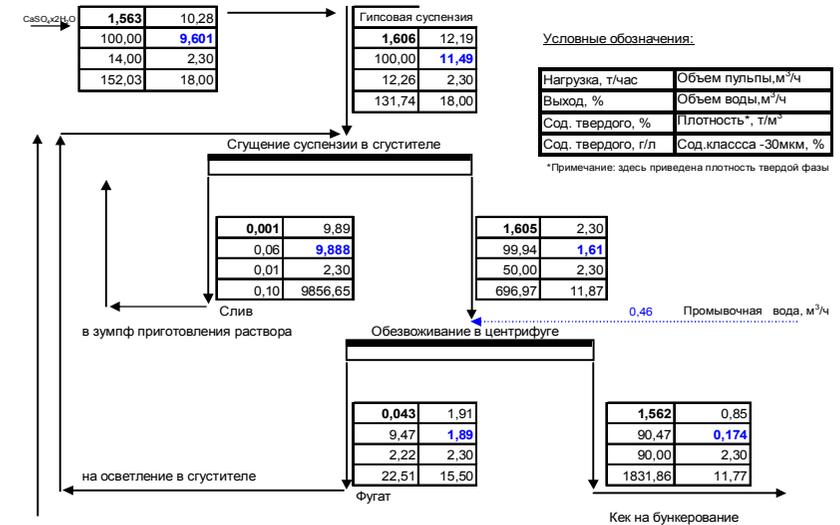


Рис. 7. Водно–шламовая схема с глубоким осветлением оборотной воды

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. J.Strauß, T.Zwigart. Die Rauchgasentschwefelung bei Block 5, KW Altbach/Deizisau der Neckarwerke Elektrizitätsversorgungs-AG, Esslingen VDF, 5-6, 1993.
2. C.Zamponi, B.Rennert. Einfluß von die eingetragenen Kühlwasserkonditionierungsmitteln auf die Gipskristallisation. Studie. RWE Energie AG, 1997.
3. H.Jurkowisch, R.Hüller. Neue Gipskartonplatten unter Verwendung von Naturgips und verschiedenen synthetischen Gipsen. Zement-Kalk-Gips International, 43 Jahrgang 1990, Heft 12, Seiten 583-588.

УДК 691.327

МАТЕРИАЛ И КОНСТРУКЦИИ ПАНЕЛЕЙ СБОРНЫХ ЛЕТНИХ ДОМИКОВ ДЛЯ РАЗВИТИЯ СЕЗОННОГО ОТДЫХА

инж. С.В. Болюк

Запорожская государственная инженерная академия

Немаловажной задачей экономической политики большинства стран мира является развитие отрасли внутреннего отдыха и туризма, также ее инфраструктуры. Внутренний отдых и туризм составляет значительную часть внутреннего валового продукта любой развитой страны.

В летний период массовых отпусков в Украине значительно возрастает потребность в недорогом отдыхе. Такие услуги предоставляют в