

## ВАРИАНТЫ ПОДГОТОВОК ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ВНОВЬ ОБРАЗУЮЩЕГОСЯ И МНОГОЛЕТНЕГО ФИЛЬТРАЦИОННОГО ОСАДКА САХАРНЫХ ЗАВОДОВ

С.Т.ЧЕРИКОВ, М.Б.БАТКИБЕКОВА,  
А.Т.КОЕНОВ, А.Б.ОМУРЗАКОВА

*E.mail. ksucta@elcat.kg*

*Кант чыгаруучу заводдон чыккан жаңы чыпкаланган калдыктарды баалуу органикалык кошулмасы менен жана көп жылдык топтолгон  $\text{CaCO}_3$  кошулмалуу калдыктарды башка өндүрүштөргө колдонуу үчүн даярдоо ыкмалары каралды.*

*Рассмотрены варианты подготовки для переработки на сахарном заводе образующихся свежих осадков с ценным органическим содержанием и накопленных многолетних фильтрационных осадков, содержащих  $\text{CaCO}_3$ , с целью использования в других отраслях.*

*Some variants of preparation for processing into sugar plant forming the fresh rainfall with valuable organic content and accrued perennial filtration rainfall containing  $\text{CaCO}_3$  with a view to use in other industries.*

В дефекосатурационном новообразующемся осадке (рис. 1, а), отделяемом от сока первой сатурации на вакуум-фильтрах, содержится примерно 70...85 %  $\text{CaCO}_3$ , 3...5 %  $\text{MgCO}_3$  и 10...15 % органических веществ, из них 4...8 % азотистых соединений, в основном, скоагулированного белка. В массе безазотистых органических веществ имеются пектиновые вещества, кальциевые соли лимонной, щавелевой, яблочной и других кислот, сапонин. Минеральная фракция включает фосфаты, сульфаты и др. Влажность осадка около 50 % /1/.



Рис. 1. а) удаление ФО из фильтра;  
б) новообразующий ФО

В многолетнем фильтрационном осадке (рис. 2) почти не содержатся органические соединения (пролежавшем более 10 лет), влажность осадка в летних условиях составляет около 7...8 %.



Рис. 2: а) многолетний ФО на поле фильтрации; б) очищенный многолетний ФО

Исходя из физико-химического состояния новообразующего и многолетнего фильтрационного осадка, переработку их необходимо подготовить разными способами:

а) варианты подготовки переработки новообразующего фильтрационного осадка.

В типовой схеме фильтрационный осадок из сахарного завода удаляется путем четырех-пятикратного разбавления его водой и последующей откачкой насосом по трубопроводу. Однако эта операция имеет ряд существенных недостатков: потребление большого количества воды; использование значительных площадей сельскохозяйственных угодий, занятых полями фильтрации; безвозвратная потеря фильтрационного осадка, являющегося ценным удобрением.

В новообразующийся фильтрационный осадок входит много веществ, полезных для питания растений и животных, поэтому его рекомендуется использовать как удобрение и в качестве добавок к кормам для животных /2/.

С целью сохранения полезных веществ при использовании осадка как добавочного компонента к кормам более приемлемым является удаление осадка сухим способом. Например, для удаления сухим способом авторы в предложенной схеме спускают осадок с вакуум-фильтров по желобу в горизонтальный шнек, имеющий на конце сито-растиратель /1/. Прошедший через сито осадок вертикальным шнеком подается в насос и с его помощью – в пневмотрубопровод, куда от компрессора поступает сжатый воздух. Параллельно с пневмотрубопроводом расположен идущий от компрессора воздуховод, от которого на крутых поворотах пневмотрубопровода сделаны вводы с соплами для продувания. Одним из основных узлов системы трубопроводного пневматического удаления с сахарных заводов фильтрационного осадка в полусухом виде является комплекс устройств, обеспечивающих однородность, гомогенность фильтрационного осадка как неоднородной и неустойчивой суспензии системы «жидкость – твердое тело» перед введением его в транспортный трубопровод /3/. В этой работе проанализировано удаление фильтрационного осадка, в полусухом состоянии, в разных странах. Большинство заводов при удалении используют в качестве гомогенизаторов, в основном, обычные шнековые транспортеры горизонтального типа, преимущественно со специальными гомогенизаторами вертикального типа, в которых основным рабочим элементом являются также вращающиеся шнековые устройства. Гомогенизаторы содержат магнитные ловушки и сита, через которые осадок выдавливается в приемный (всасывающий) трубопровод насоса. Диаметр отверстий в ситах 6...12 мм, при прямоугольных – длина сторон 10x10. При пневмоудалении фильтрационного осадка в качестве насосов использовали на территориях СНГ камерные насосы (С-573) и бетононасосы С-252, в Германии – Ubelling; Польше – Swing; Чехословакии – центробежные уфельные, фекальные; Австрии – специальные насосы (фирмы Dickermann). В этих устройствах необходимость тщательной гомогенизации фильтрационного осадка обусловлена тем, что в процессе гомогенизации освобождается определенное количество воды и суспензия становится более текучей.

На Яготинском сахарном заводе (экспериментальном производстве) реализована система трубопроводного пневматического удаления фильтрационного осадка без разбавления его водой /4/. Подтверждена работоспособность системы. Экономическая эффективность удаления полусухого фильтрационного осадка только за счет исключения подачи воды в систему составляла 22...23 тыс. руб. в сутки для завода мощностью 3 тыс. тонн сырья в сутки.

Авторами /5/ в предложенном трубопроводном удалении высоковязких масс без шнека и пневматики особый интерес представляет и для удаления новообразующего фильтрационного осадка выбраны пластинчатые нагнетатели, подобные ротационному насосу, которые просты по конструкции, компактны, надежны в эксплуатации, с относительно высоким коэффициентом полезного действия (0,7...0,8) и невысокой стоимостью. Кроме того, у них высокий коэффициент объемной подачи и «жесткая» характеристика, поэтому объемный расход мало зависит от сопротивления трубопровода, что создает устойчивый поток массы. В предложенной конструкции нет необходимости гомогенизации осадка специальной сеткой, а это дополнительное снижение энергоемкости системы удаления осадка.

С целью сохранения органических соединений в фильтрационном осадке авторами предложена конструкция устройств для высушивания новообразующего осадка сразу же после вакуум-фильтра /6/. В этом устройстве фильтрационный осадок с содержанием сухих веществ 50 % из вакуум-фильтра через приемную воронку поступает в корпус предложенного устройства, где интенсивно перемешивается лопастями винта и далее движется вдоль оси конвейера. Благодаря подаваемому в паровую рубашку и в само устройство греющего пара с температурой 140...150 °С внутри корпуса конвейера образуется повышенная температура, способствующая испарению влаги из фильтрационного осадка. Влажный воздух из внутренней полости конвейера отсасывается вентилятором. При работе нескольких вакуум-фильтров используется общий сборочный высушивающий винтовой конвейер, обеспечивающий прием фильтрационного осадка от нескольких винтовых конвейеров, установленных в каждом вакуум-фильтре. Предложенная модель устройства изготовлена и испытана на Кривецком сахарном заводе.

В Кыргызстане предложены два варианта удаления новообразующего осадка. В первом варианте 50 % влажности осадок после отделения от фильтрующей ткани поступает с помощью желоба на контейнеры, и его отправляют на комбинат, где готовят комбикорм. При перемешивании фильтрационного осадка с сухими отрубями, жмыхом влажность смеси составляет 10-11 %, а после брикетирования – 7-8 %. Чтобы снизить остальную влажность комбикорма, нами использован термотуннель, работающий с электрической кварцевой лампой. Во втором варианте собранные осадки, как и в первом варианте, контейнером отправляются в специализированный цех для получения сорбента пиролизным способом для очистки соков и сточных вод;

*б) варианты подготовки переработки многолетнего фильтрационного осадка.*

Многолетний фильтрационный осадок (рис. 2, а) в своем составе почти не имеет органических соединений. Влажность осадка в зависимости от погодных условий в верхних слоях изменяется, а в средних и нижних слоях более устойчива и составляет 5...7 %.

Следует отметить, что количество адсорбированных органических веществ на поверхности  $\text{CaCO}_3$  зависит от загрязненности свеклы землей и степени диффузии органических веществ из свеклы. Кроме того, на поверхности частиц карбоната кальция находится некоторое количество неактивной извести  $\text{CaO}$ . При удалении свежего осадка с завода к нему добавляют 4-5-кратное количество транспортно-мочных вод и выводят его с помощью гидротранспортера. Фильтрационный осадок в этом случае дополнительно загрязняется землей, сорняками и вредителями растений (нематодой), и немного изменится химико-минералогический и органический состав. Такой осадок называется смешанным. Смешанный осадок выдерживают в фильтрационном поле 2...3 года для

дозревания и подсушивания. Во время дозревания зародыши нематод и часть семян сорняков теряют жизнеспособность и погибают. В большинстве сахарных заводов СНГ имеющиеся многолетние фильтрационные осадки до настоящего времени не нашли применения, кроме отдельных случаев /7, 8, 9/. Например, фильтрационные осадки сахарных заводов Кыргызской Республики накапливаются уже 70...80 лет. Из-за загрязнения земель, при разбавлении транспортно-мочных вод, минеральный состав фильтрационного осадка в некоторой степени изменится. Многолетний осадок находится в аморфном состоянии. При небольшом ударе или нагрузке комкованные куски осадка рассыпаются на мелкие частицы. Поверхность частицы находится в нейтральном состоянии. Чтобы использовать эти осадки, необходимо очистить их от посторонних примесей и активировать их поверхность. Активирование можно проводить двумя способами: 1 – термическим; 2 – механическим. Первый способ можно проводить, но регенерация осадка для повторного использования с использованием термической обработки сопряжена с большим расходом энергии, поэтому до сих пор не находит практического применения, и мы будем анализировать второй способ;

*в) варианты активирования частиц многолетнего фильтрационного осадка механическим способом.*

Тонкий помол материалов (инертных и вяжущих) ведет к существенному улучшению качества новообразованных поверхностей, увеличению показателей удельной поверхности, разрушению структурно нестабильных и ослабленных частиц (рис. 2, б).

Методика активации (тонкого измельчения) хорошо зарекомендовала себя в практике обработки лежалого известняка и  $\text{CaCO}_3$ , содержащихся в отходах промышленности, с целью повышения полезных свойств и восстановления.

В последнее время для сахарных заводов особый интерес представляет оборудование, обеспечивающее тонкий помол  $\text{CaCO}_3$ , содержащегося в отходах (увеличение удельной поверхности частиц карбоната кальция), и активацию инертных составляющих. Такие установки позволяют кардинально улучшить основные физико-механические характеристики выпускаемой продукции.

Получившее в настоящее время интенсивное развитие в нашей стране производство качественных строительных материалов, сухих строительных смесей, шпаклевок, красок вызвало большой спрос на агрегаты измельчения различной конструкции. При производстве современных строительных материалов особые требования предъявляются к исходным компонентам, от которых напрямую зависят технологические свойства полученного материала.

Использование большого количества тонкодисперсных порошков при требуемой дисперсности менее 100 мкм требует организации тонкого помола исходного материала. Существующие в настоящее время агрегаты тонкого измельчения условно можно разделить на несколько групп:

- установки раздавливающего действия;
- установки истирающе-раздавливающего действия;
- установки ударного действия /10/.

В настоящее время основным типом агрегатов измельчения, применяющихся на строительных предприятиях, являются шаровые и молотковые мельницы, а также конусные инерционные дробилки.

Шаровая мельница – устройство для измельчения твердых материалов. Основная деталь конструкции – вращающийся барабан, частично заполненный шариками определенного диаметра из стали, чугуна и других сплавов. Непрерывная работа мельницы превращает необработанное сырье в порошок. Высококачественные шаровые мельницы перемалывают сырье до гранул размером 0,0001 мм, чрезвычайно увеличивая площадь поверхности вещества. При вращении мельницы материал внутри

барабана поднимается лифтерами на определенный угол вверх, а затем падает вниз. При падении куски ударяются один о другой, а также об отбойные броневые плиты и разбиваются на мелкие кусочки. От многократного собственного падения, ударов и истирания материал измельчается в крупку. В этих мельницах перерабатываются материалы влажностью от 5 до 12 % и выше. Шаровые мельницы, несомненно, обладающие рядом положительных признаков, имеют и существенные недостатки, присущие данному способу измельчения в целом. Дело в том, что измельчение многолетнего фильтрационного осадка в шаровых мельницах происходит, в основном, методом истирания, а не динамического (свободного) удара. Так, на измельчение материала истиранием в шаровых мельницах расходуется до 80 % всей подводимой энергии, в то время как динамический удар является, несомненно, наиболее эффективным способом тонкого помола материалов, позволяющим снизить установленную мощность оборудования, увеличить производительность, достигнуть высокого качества и однородности помола осадка. Способ тонкого помола методом истирания нельзя признать оптимальным, так как он всегда сопряжен с повышенным расходом высококачественных сталей, применяемых как для изготовления мелющих тел (шаров, бил), так и для защитной футеровки корпуса мельницы /11/. При относительно невысокой производительности установленная мощность и металлоемкость шаровых и молотковых мельниц непропорционально высоки. Именно с высокой металлоемкостью и энергонагруженностью связана и высокая стоимость данного оборудования. Следует отметить, что в настоящее время прослеживается тенденция исключения шаровых и молотковых мельниц классической конструкции из технологических линий тонкого помола. И напротив, доля агрегатов измельчения, работающих на принципе помола материала посредством динамического удара (струйные мельницы, дисмембраторы, дезинтеграторы) постоянно растет /12/.

Измельчение материала в струйной мельнице происходит в размольной камере, в которую подают сжатый воздух или перегретый пар. Мелющий поток через сопла поступает в камеру измельчения, где формирует аэрозоль из твердого измельчаемого вещества, называемый псевдооживленным слоем. Вокруг струй мелющего воздуха происходит интенсивная циркуляция частиц. Типичные скорости входящих в псевдооживленный слой потоков мелющего воздуха в струйных мельницах составляют 400-700 м/с. При входе потока воздуха в псевдооживленный слой материал вовлекается в поток и ускоряется до скорости потока. Во время вовлечения частиц материала в поток происходят интенсивные столкновения частиц друг с другом. Такие столкновения обусловлены различными скоростями частиц в самом потоке, разными размерами частиц и разными точками входа в поток. В зоне входа частиц в аэрозоль происходит измельчение ~70 % материала, оставшиеся 30 % измельчаются при встрече, смене направления или отражении частиц, двигающихся в мелющем потоке. Для небольших мельниц средняя частица должна иметь размер 1-2 мм или менее, крупные установки рекомендуют загружать частицами менее 5 мм. Размер частиц на входе в мельницу слабо влияет на ее производительность, особенно если на выходе требуется получать ультрадисперсный продукт.

Центробежно-ударные мельницы применяют для дробления и измельчения хрупких рудных и нерудных материалов. Прочность и абразивность материала может быть очень высокой и не является ограничением на применение, а вот наличие выраженных вязко-упругих свойств материала делает измельчение малоэффективным. Максимальная крупность питания до 40 мм. Центробежно-ударная мельница по принципу работы копирует центробежно-ударную дробилку. Материал подается через загрузочное приспособление (патрубок) во вращающийся ускоритель мельницы, в котором материал раскручивается двигателем и под действием центробежной силы выбрасывается из ускорителя в камеру измельчения. Разогнанные куски материала в камере измельчения сталкиваются с отбойными плитами и кусками

материала, отразившимися от отбойных плит ранее. Соударение кусков между собой и с отбойными плитами происходит с большой скоростью, существенно большей критической скорости разрушения материала, что приводит к разрушению кусков. Этот принцип можно назвать "свободным ударом", при котором куски разрушаются преимущественно по плоскостям спайности минералов и границам срастания минералов, а также трещинам в породе. Камера измельчения продувается транспортным вентилятором, воздушный поток которого захватывает частицы мельче верхнего критического размера и уносит с собой в верхнюю часть мельницы, которая представляет собой классификатор. Куски крупнее верхнего критического размера под действием силы тяжести опускаются вниз и выгружаются из мельницы. Они требуют повторного измельчения. Из классификатора поток выносит частицы нужной крупности – готовый продукт. Далее пылевоздушная смесь попадает в циклоны, откуда частицы выгружаются в бункер, а воздух возвращается в мельницу.

В России созданы планетарные мельницы /13/, способные развивать высокие ускорения и обеспечивать быстрое и эффективное измельчение различных материалов в промышленном масштабе. В планетарных мельницах обычно имеются 3 или 4 барабана, вращающихся вокруг центральной оси и одновременно вокруг собственных осей в противоположном направлении. В барабаны загружают измельчаемый материал и мелющие тела (обычно шарики). Частицы измельчаемого материала претерпевают множество соударений с мелющими телами и стенками барабана. Эффективность планетарных мельниц обусловлена высокой кинетической энергией мелющих тел благодаря большой скорости их движения, создающей высокие напряжения в активном веществе. При вращении обычной вращающейся шаровой мельницы мелющие тела измельчают материал, падая под действием силы тяжести. Процесс измельчения в планетарных мельницах происходит значительно быстрее и эффективнее. При высоких ускорениях барабанов в результате интенсивной механической обработки происходит изменение физико-химических свойств порошков.

Агрегаты измельчения, работающие по принципу динамического удара, отличаются небольшим весом и габаритными размерами, относительно малой мощностью и высокой производительностью. Благодаря этим особенностям агрегаты измельчения, работающие по принципу ударного воздействия, стали доступны небольшим предприятиям, сталкивающимся с проблемой выбора агрегата для тонкого помола и смешивания различных материалов.

По мнению специалистов, наиболее перспективным типом агрегатов тонкого помола являются дезинтеграторы и дисмембраторы.

Дезинтегратор – агрегат, предназначенный для измельчения различных материалов. Конструкция дезинтегратора представляет собой раму, статор с жестко закрепленными подшипниковыми узлами и двумя расположенными соосно роторами. На дисках роторов по концентрическим окружностям расположено несколько рядов круглых цилиндрических пальцев (бил) таким образом, что каждый ряд одного ротора свободно входит между двумя рядами другого. Диски роторов движутся разнонаправленно с высокой угловой скоростью. Билы изготавливаются из высокопрочных, износостойких сталей. Измельчаемый материал подается в центральную часть ротора и, перемещаясь к корпусу, подвергается многократным ударам бил, вращающихся во встречных направлениях. Машина, имеющая один ротор, а в месте другого – неподвижные пальцы, укрепленные на откидной крышке кожуха, называется дисмембратором.

Механически активированные частицы обладают повышенной реакционной способностью и легче вступают в химические реакции, чем порошки, полученные другими методами.

Как сказано выше, многолетний фильтрационный осадок можно измельчить небольшим ударом. Из перечисленных вариантов в нашем случае более приемлемым с

точки зрения экономии энергии и материала для изготовления будут центробежно-ударная мельница и дисмембратор. Основываясь на принципе работы этих конструкций, нами также разработаны конструкции активатора-измельчителя ударно-инерционного действия /14/ и дисмембратора (рис. 3).



Рис. 3. Дисмембратор: 1 – корпус; 2 – ротор; 3 – статор; 4 – пальцы ротора; 5 – пальцы статора; 6 – сетка

Обычно во всех конструкциях дезинтеграторов и дисмембраторов рабочие пальцы изготавливаются из прутка, имеющего круглое сечение. В нашем случае эти пальцы в роторе изготовлены из прутка шестигранника, а на неподвижной части изготовленные пальцы имеют общее основание и выполнены четырехгранными (рис. 3). При ударе частиц фильтрационного осадка на многогранные поверхности пальца, направляя частицы хаотично внутри корпуса, увеличивают время пребывания частицы внутри корпуса и способствуют многочисленным ударам на другие поверхности других пальцев устройства. Работа в таком устройстве дает более эффективное тонкое измельчение и активирование частицы.

### Список литературы

1. Сапронов А.Р., Жушман А.И., Лосева В.А. Общая технология сахара и сахаристых веществ. – М.: Пищевая промышленность, 1979. – 464 с.
2. Левицкий А.П. и др. Фильтрационный осадок – компонент комбикорма //Сахарная промышленность. – 1992. – №2. – С. 23-25.
3. Кошечая В.Н. Подготовка фильтрационного осадка к удалению сахарных заводов в полусухом виде трубопроводным транспортом //АгроНИИТЕИПП: Пищевая промышленность, 1989. – Вып.3. – С. 11-14.
4. Кошечая В.Н. Установка для транспортирования фильтрационного осадка //Пищевая промышленность. – 1989. – №12. – С. 13-15.
5. Мачихин Ю.А., Лунин Л.Н. и др. Механизация транспортирования высоковязких пищевых масс //Пищевая промышленность. – 1988. – № 6. – С. 48-51.
6. Спичак В.В., Вратский А.М., Буромский В.В. Устройство для сушки фильтрационного осадка //Сахар. – 2003. – № 6. – С. 57-58.
7. Белостоцкий Л.Г., Лагода В.А., Вдовина Т.А., Прокопенко Т.А. Использование фильтрационного осадка в сельском хозяйстве //АгроНИИТЭИПП: Пищевая промышленность. – 1990. – Вып.5. – С. 6-10.
8. Яковлев М.Е. Химическая мелиорация почв за 20 лет агрохимической службы //Химия в сельском хозяйстве. – 1984. – № 4. – С. 31-34.
9. Величко В.А., Кузьмин М.А., Брагина В.М. Использование дефеката в сельском хозяйстве // Химия в сельском хозяйстве. – 1986. – № 6. – С. 61-63.
10. <http://www.tpribor.ru/izmarkt.html>. -Агрегаты измельчения и активации материалов.
11. Ходаков Г.С. Тонкое измельчение строительных материалов. – М.: Изд-во лит-ры по строительству, 1972. – 233 с.

12. Бауман В.Л., Клушанцев Б.В., Мартынов В.Д. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. – М.: Машиностроение, 1981. – 324 с.
13. Молчанов В.И., Селезнева О.Г., Жирнов Е.Н. Активация минералов при измельчении. –М.: Недра, 1988. – 208 с.
14. Чериков С.Т., Коенов А.Т., Баткибекова М.Б. Разработка конструкции активатора-измельчителя ударно-инерционного действия //Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2012. – № 4 (38).