

УДК 66.065

Э. И. Левданский, доктор технических наук, профессор (БГТУ);
А. Э. Левданский, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой (БГТУ);
Д. И. Чиркун, кандидат технических наук, старший преподаватель (БГТУ)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫДЕЛЕНИЯ КРИСТАЛЛОВ ИЗ НАСЫЩЕННЫХ РАСТВОРОВ

В статье проведен краткий обзор процесса кристаллизации. Рассмотрены особенности промышленной эксплуатации барабанных центрифуг для обезвоживания кристаллического продукта. Выявлены и проанализированы основные проблемы, возникающие при центрифугировании. Предложены различные варианты усовершенствования процесса выделения кристаллов, одним из которых является применение вместо гравитационного сгустителя новой конструкции барабанного сгустителя, что позволит обеспечить устойчивую работу центрифуги, предупреждая забивку фильтрующего барабана. Приведена схема агрегирования барабанного сгустителя с газоцентрибежным разделителем суспензий, позволяющая отказаться от дорогостоящих барабанных центрифуг и, тем самым, значительно снизить материальные и энергетические затраты на процесс выделения кристаллов.

In article the short review of process of crystallisation is made. Features of commercial operation of drum-type centrifuges for dehydration of a crystal product are revealed. The basic problems arising at centrifugal division are revealed and analysed. Various variants of improvement of process of allocation of the crystals are offered, one of which is application instead of a gravitational thickener of a new design of a drum-type thickener that will allow to provide steady work of a centrifuge without a contamination of a filtering drum. The scheme of aggregation of a drum-type thickener with a gas centrifugal divider of the suspensions is given, allowing to refuse expensive drum-type centrifuges and, thereby, considerably to lower material and power expenses for process of allocation of crystals.

Введение. Во многих химических технологиях конечный продукт получают в виде кристаллов, например, сульфат аммония, сульфат натрия, хлористый калий и др. В большинстве случаев кристаллический продукт получают из раствора путем его упаривания и кристаллизации. Выращенные кристаллы отбираются из кристаллизатора с частью насыщенного маточного раствора и направляются в сгустители. Если выходящая из кристаллизаторов суспензия содержит около 20 мас. % твердой фазы, то в сгустителях за счет гравитационного разделения концентрация кристаллов повышается до 50–60 мас. %, после чего сгущенная суспензия подается в центрифуги и обезвоживается.

Основная часть. Для центрифугирования в большинстве случаев используются горизонтальные фильтрующие центрифуги непрерывного действия с выгрузкой осадка пульсирующим поршнем или, что реже встречается, шнеком. Использование таких конструкций центрифуг позволяет обеспечить высокую производительность процесса разделения при сравнительно небольших размерах агрегата и, самое важное, получить на выходе кристаллический продукт влажностью в пределах 0,5–5,0%, что позволяет минимизировать энергозатраты на процесс сушки, который является последующей и окончательной стадией в технологии получения кристаллических продуктов [1].

Однако центрифуги имеют и ряд недостатков. Во-первых, они конструктивно сложны

и поэтому являются дорогостоящими агрегатами. Во-вторых, довольно часто происходит забивка фильтровальной поверхности барабана центрифуги, что приводит к нарушению балансировки, сильной вибрации и частым поломкам. Для предотвращения выхода центрифуги из строя в процессе ее работы на фильтровальную поверхность периодически подается соковый конденсат выпарки, который промывает осадок, скопившийся в барабане, после чего центрифуга возвращается в устойчивый режим работы. Естественно, конденсат, подаваемый на промывку, смешивается с отфугованным раствором и подается в кристаллизатор, что приводит к повышению энергозатрат на процесс упаривания.

Причиной забивки фильтровальной поверхности считается заклинивание кристаллов в отверстиях фильтровальной поверхности барабана. Такое объяснение, на наш взгляд, является далеко не полным. Здесь необходимо также учитывать следующий фактор. Из кристаллизатора суспензия, состоящая из насыщенного раствора и кристаллов, подается сначала в сгуститель, а затем в центрифугу. Двигаясь по трубопроводам и в сгустителе, суспензия, хоть и незначительно, но охлаждается, и раствор становится перенасыщенным. В свою очередь наружная поверхность фильтрующего барабана центрифуги тоже охлаждается за счет контакта с окружающим воздухом. Контакт перенасыщенного

раствора с охлажденной стенкой барабана вызывает на его поверхности кристаллизацию, в результате чего образуется тонкая корка мельчайших кристаллов. Эта корка закупоривает отверстия в фильтровальном барабане, что, вместе с забивкой этих отверстий кристаллами изнутри, нарушает процесс обезвоживания, и работа центрифуги становится нестабильной. Такие явления мы наблюдали при исследовании возможности замены центрифуги на газоцентрибежный разделитель суспензий в производстве сульфата аммония [2]. Опытами было установлено, что некоторое время после пуска разделитель работал устойчиво, кристаллы сульфата аммония после обезвоживания имели очень низкую влажность, не более 0,5%, однако уже после нескольких минут работы на перфорированной стенке рабочего цилиндра появлялся белый налет, который закупоривал отверстия для отвода жидкой фазы, и центрифугирование прекращалось.

Обеспечить стабильную устойчивую работу центрифуги можно в том случае, если суспензия, поступающая на разделение, будет содержать ненасыщенный раствор. Самым простым решением этой проблемы является подача в суспензию перед входом в центрифугу некоторого количества конденсата, однако такой подход неэффективен из экономических соображений, так как дополнительную влагу потом придется испарить. Более рациональным является замена в сгустителе перед центрифугой перенасыщенного раствора на свежий ненасыщенный, который поступает в кристаллизатор. В этом

случае энергетический баланс процесса получения кристаллов сохраняется, кристаллизация из перенасыщенного раствора в центрифуге исключена и, ко всему этому, отверстия перфорированного барабана будут промываться ненасыщенным раствором.

Осуществить вышеописанный способ можно различными техническими решениями, но наиболее эффективным, на наш взгляд, является использование в технологической схеме барабанного сгустителя, представленного на рис. 1 [3].

Сгуститель состоит из цилиндрического корпуса 1 с торцевыми крышками 2 и 3. Передняя крышка 3 является съемной, крепится к корпусу с помощью фланцевого соединения. Внутри корпуса на приводном валу 4 установлен барабан 5, боковая цилиндрическая поверхность которого выполнена перфорированной. Для отвода фильтрата из корпуса сгустителя в нижней его части имеется патрубок 6, а подача промывочного раствора на поверхность барабана осуществляется через патрубок 7. Ненасыщенный раствор и исходная суспензия в барабан подаются по патрубкам 8 и 9 соответственно, смонтированным в нижней части крышки 3. Та часть патрубков 8 и 9, которая заходит в барабан, снабжена щелями для равномерного распределения суспензии и раствора по всей поверхности барабана. Несколько выше в передней крышке 3 сгустителя закреплен патрубок 10, который соединен с конической разгрузочной камерой 11 и предназначен для удаления из агрегата и подачи в центрифугу сгущенной суспензии вместе с ненасыщенным раствором.

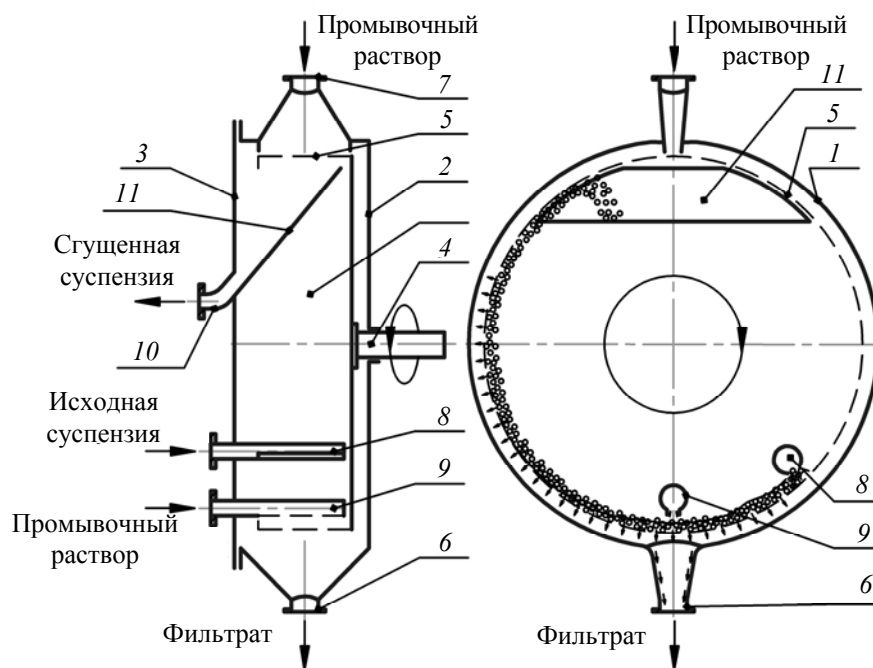


Рис. 1. Схема барабанного сгустителя

Сгуститель работает следующим образом. Барабан 1 приводится во вращение и в него через патрубок 8 подается исходная суспензия. Скорость вращения барабана должна быть такой, чтобы суспензия при подъеме на максимальную высоту за счет сил тяжести отрывалась бы от барабана и падала в разгрузочную камеру 11. Число оборотов барабана можно определить, используя зависимость для расчета оптимальной частоты вращения n , об./с шаровых барабанных мельниц [4]:

$$n = \frac{0,3 - 0,4}{\sqrt{R}},$$

где R – радиус барабана, м.

За счет силы тяжести и центробежной силы через перфорированную поверхность вращающегося барабана из суспензии будет удаляться жидкая фаза. Количество удаленного фильтрата должно составить не менее 75% от содержания жидкой фазы в исходной суспензии. Для того, чтобы не происходило «зарастания» перфорированной поверхности за счет кристаллизации перенасыщенного раствора, через патрубок 9 подается свежий ненасыщенный раствор в объеме 10–15% от количества удаленного фильтрата. Дополнительно некоторое количество ненасыщенного раствора подается через патрубок 7 в верхней части сгустителя. Патрубок 7 выполнен в виде полости со щелью на всю ширину барабана, что позволяет промывкой очищать всю перфорированную поверхность, после чего ненасыщенный раствор направляется в разгрузочную камеру 11, что улучшает транспортировку кристаллов к центрифуге. Количество подаваемого раствора через патрубок 7 также должно составлять 10–15% от количества удаляемого насыщенного раствора. Приведенные цифры являются ориентировочными, они могут изменяться в зависимости от содержания кристаллов в суспензии, от степени перенасыщения суспензии и других факторов.

В некоторых случаях барабанный сгуститель может работать как самостоятельный фильтр, как промыватель твердой фазы или выполнять функции гидравлического классификатора. Замена с помощью барабанного сгустителя насыщенного раствора суспензии на ненасыщенный обеспечит устойчивую работу центрифуги за счет постоянной промывки фильтровальной поверхности барабана ненасыщенным раствором. Также исключается периодическая подача конденсата, что снизит расход пара на упаривание раствора.

Применение барабанного сгустителя-промывателя для подготовки и обезвоживания суспензии позволяет использовать вместо центрифуги газоцентриробежный разделитель суспензий, о котором упоминалось выше. Схема компоновки барабанного сгустителя-промывателя 1 и газоцентриробежного разделителя суспензий 2 показана на рис. 2.

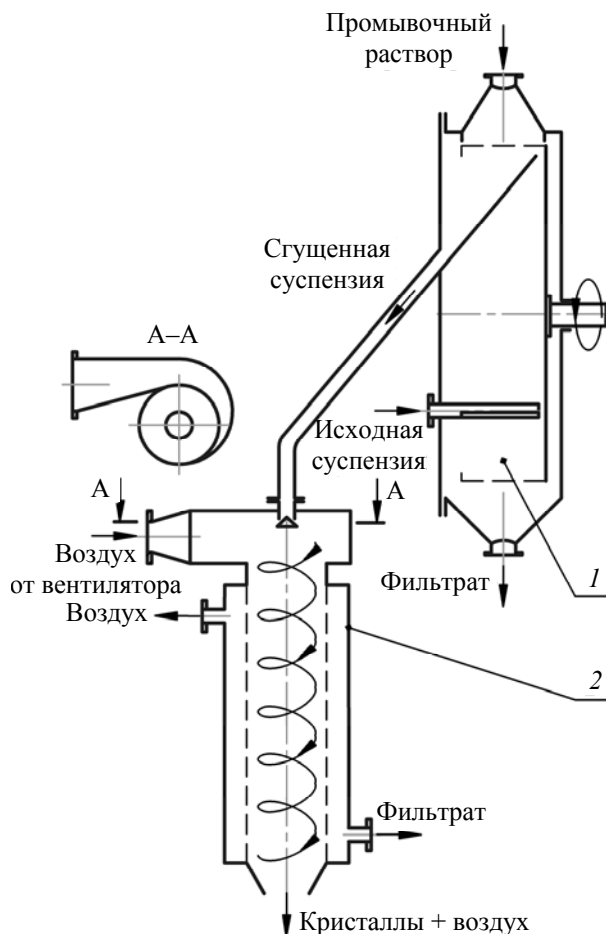


Рис. 2. Схема агрегирования барабанного сгустителя с газоцентриробежным разделителем суспензий

Газоцентриробежный разделитель состоит из цилиндрического перфорированного элемента, в верхней части которого крепится тангенциальная улитка. По центру улитки проходит патрубок подачи суспензии. Поток воздуха, подаваемый в улитку, закручивается и направляется в цилиндрический перфорированный элемент. Поступающая в улитку суспензия подхватывается потоком воздуха, закручивается и отбрасывается на стенки перфорированного элемента. Жидкая фаза под действием центробежных сил и повышенного давления воздуха просачивается через отверстия перфораций и удаляется из аппарата, а оставшиеся кристаллы вместе

с воздухом опускаются вниз и отводятся как готовый продукт.

Более подробные сведения о конструкциях газоцентрифужных разделителей приведены в монографии [2].

Заключение. Использование барабанного сгустителя с газоцентрифужным разделителем суспензий позволит значительно снизить металлоемкость, стоимость, энергопотребление и эксплуатационные затраты на процесс выделения кристаллов за счет простоты и надежности предлагаемых конструкций.

Литература

1. Гельперин, А. И. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. И. Гельперин. – М.: Химия, 1981. – 812 с.

2. Левданский, А. Э. Высокоэффективные проточные процессы и аппараты: монография / А. Э. Левданский, Э. И. Левданский. – Минск, БГТУ, 2001. – 236 с.

3. Устройство для сгущения суспензий: а. с. 1449166 СССР, МКИ7 В 04 В 3/00 / И. М. Плехов, Э. И. Левданский, В. И. Лобачевский, В. А. Иванов, С. А. Жарский; Белорус. технол. ин-т им. С. М. Кирова. – № 4015681; заявл. 31.01.1986; опубл. 07.01.1989 // Открытия. Изобретения. – 1989. – № 25. – С. 42.

4. Сапожников, М. Я. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций / М. Я. Сапожников. – М.: Высшая школа, 1975. – 382 с.

Поступила 02.03.2011