

ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ АППАРАТЫ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ ГАЗ-ЖИДКОСТЬ, ЖИДКОСТЬ-ТВЕРДОЕ

Левданский Э. И., Левданский А. Э.
(БГТУ, г. Минск)

Экспериментальные и теоретические исследования, промышленные испытания и внедрения последних лет показывают, что среди новых разработок важное место могут занять процессы и агрегаты, в которых используется проточный способ разделения многофазных систем в поле центробежных сил. Под проточным разделением авторы понимают гидродинамические процессы движения многофазных потоков в каналах с проницаемыми стенками с непрерывным отводом через них сплошной фазы. В настоящее время в Белорусском государственном технологическом университете разработано на уровне изобретений более ста способов и агрегатов, в которых используется проточное разделение многофазных систем. Способ проточного разделения в поле центробежных сил позволяет совершенствовать многие технологические процессы, и он может быть использован для обезвоживания и классификации суспензий, очистки газовых потоков от твердых частиц и капельной влаги, при измельчении и классификации твердых материалов и т.д. Так как в одном докладе привести описание всех новых способов и конструкций для их осуществления, а также результатов их исследований практически невозможно, то остановимся на наиболее перспективных разработках для систем газ-жидкость, жидкость-твердое. Широкое применение проточный способ разделения неоднородных систем находит при очистке газов (паров) от капельной влаги. Проблема предотвращения уноса капель жидкости с газовым потоком весьма актуальна при проведении многих процессов, например, абсорбции, ректификации, упаривании растворов, мокрой очистке газов, в котельных установках при получении пара, при сжатии воздуха в компрессорах и т.д. Для очистки газов от капельной влаги применяются различные виды сепарационных устройств. Из них наибольшее распространение получили аэроциклоны, жалюзийные и сетчатые сепараторы, а в последнее время – центробежные сепараторы элементного типа. Однако, как показывают исследования, всем этим конструкциям присущи существенные недостатки [1]. Многих отрицательных эффектов можно избежать путем организации проточного течения отсепарированной жидкости, т.е. путем ее непрерывного отвода через проницаемые стенки патрубков. Два варианта новых сепараторов такого конструктивного решения представлены на рис. 1, а, б [2, 3]. В конструкции сепаратора (рис. 1, а) [2] в тонкостенных цилиндрических патрубках 1 выше завихрителя 2 по высоте выдавлено несколько кольцевых канавок 5, обращенных наружу. В нижней части канавок расположены отверстия 6, которые направлены под углом в сторону полотна тарелки 3.

При работе сепаратора газожидкостный поток проходит завихритель 2, и капли, достигшие за счет центробежной силы стенки патрубка 1, попадают в ближайшую по высоте кольцевую канавку, откуда жидкость через отверстия 6 выдавливается в межпатрубковое пространство на полотно тарелки 3 и далее через сливную трубу 4 выводится из аппарата. Расположение отверстий 6 в кольцевой канавке 5 под углом в сторону полотна тарелки исключает соударение струй отсепарированной жидкости соседних патрубков и повышает эффективность сепарации. Особенностью конструкции

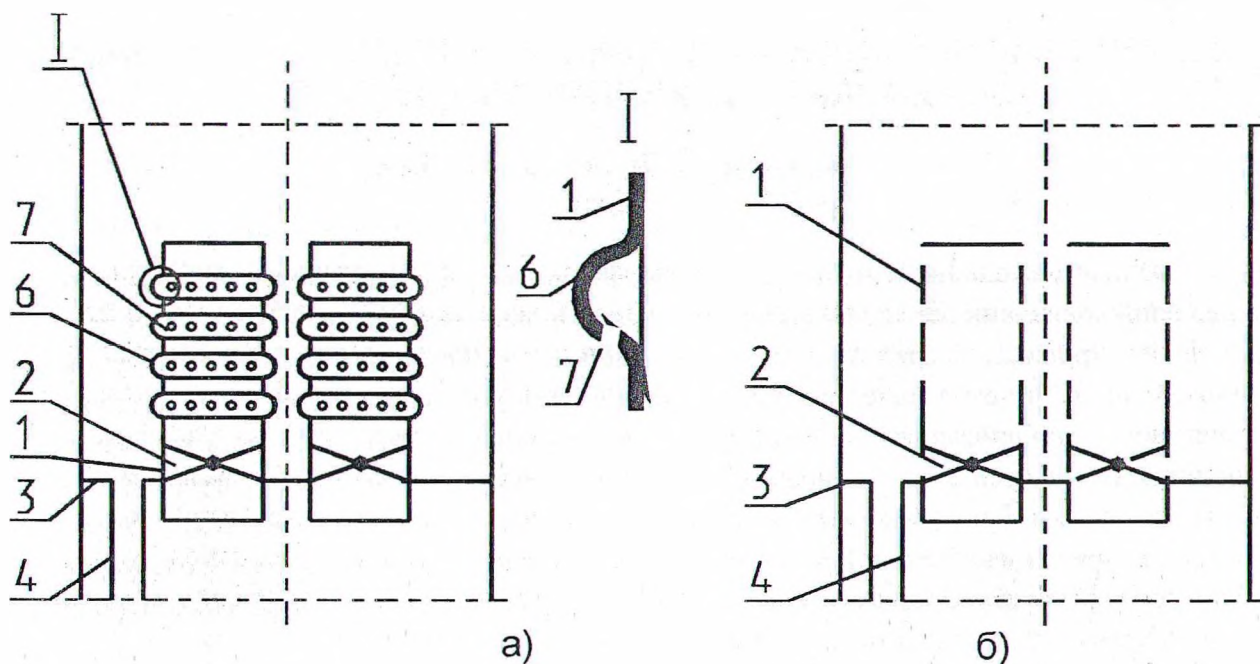


Рис. 1. Центробежные сепараторы элементного типа

а – сепарационные элементы с отводом отсепарированной жидкости через отверстия в кольцевых канавках; б – сепарационные элементы с отводом отсепарированной жидкости через щели сетчатого патрубка;

1 – патрубок; 2 – многолопастной завихритель; 3 – тарелка; 4 – сливная труба; 5 – кольцевые канавки; 6 – отверстия

сепаратора, изображенного на рис. 1, б [3], является то, что цилиндрический патрубок 1 выше завихрителя 2, выполнен из фильтровальной сетки, в которой нити утка плотно прилегают друг к другу, а, следовательно, отсутствуют прямые отверстия, видимые на свете. При изготовлении патрубка с расположением нитей основы по кольцу, а утка – по образующей цилиндра, щели в местах переплетения нитей будут расположены вертикально и по касательной к цилиндрическому сечению патрубка. В этом случае капля, достигнув стенки патрубка, сразу попадает в отверстие и за счет разности давлений по обе стороны стенки сепарационного элемента продавливается наружу и стекает пленкой вниз на полотно тарелки. Таким образом, в данных конструкциях сепараторов в широком диапазоне изменения нагрузок исключается вторичный унос, так как отсутствует пленочное течение, и отсепарированная жидкость сразу выводится из элемента, а, следовательно, эффективность их будет значительно выше, что и подтверждают экспериментальные исследования [1]. На рис. 2 представлены графические зависимости эффективности улавливания капель газового потока наиболее широко используемых аппаратов,

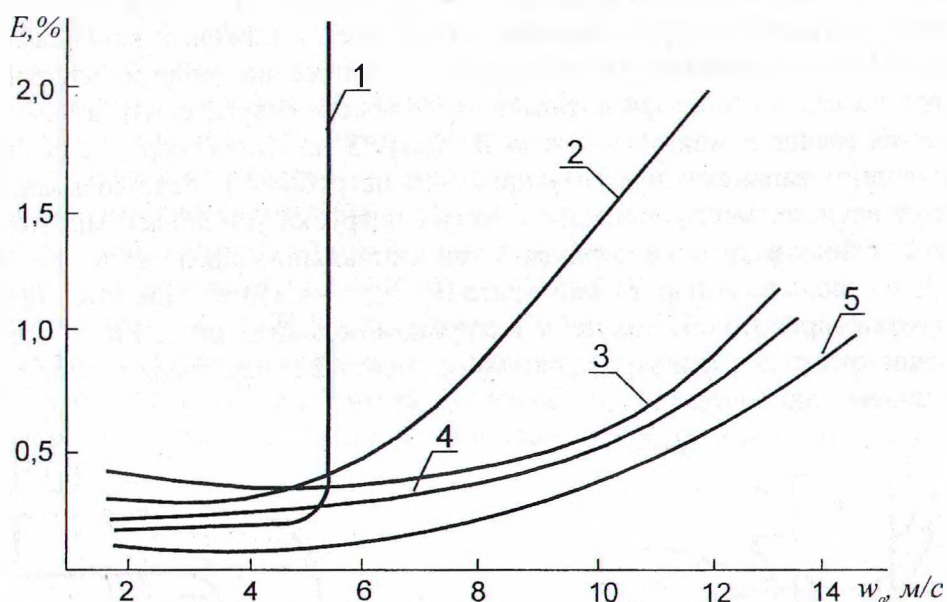


Рис. 2 Результаты сравнительных испытаний эффективности сепараторов в зависимости от скорости газа на полное сечение сепаратора

1 – сетчатый сепаратор из вязаной сетки; 2 – циклон ЦН-15, $D_{\text{ш}} = 300$ мм; 3 – центробежный сепаратор элементного типа с отбойными колпачками; 4 – центробежный сепаратор с отводом жидкости через отверстия в кольцевых канавках; 5 – центробежный сепаратор с патрубками из фильтровальной сетки

а также проточных конструкций, представленных на рис. 1, а, б при изменении скорости газа на полное сечение аппарата. Из графиков видно, что наибольшая эффективность сепарации достигается в центробежном сепараторе, в котором патрубки изготовлены из фильтровальной сетки, где унос составляет не более 0,1%. По всем основным показателям центробежные сепараторы (рис. 1, а, б) превосходят другие конструкции, а что касается производительности, то она более чем в два раза выше традиционных конструкций. Конструкции проточных центробежных сепараторов в последнее время успешно внедряются на многих предприятиях химической промышленности.

Проточный способ можно использовать для сгущения и глубокого обезвоживания суспензий. Этот способ позволяет отказаться от таких энергоемких, сложных и дорогостоящих машин, какими являются центрифуги и вместо их использовать простые и надежные аппараты газоцентрифужного разделения суспензий [4]. При этом способе роль вращающегося перфорированного барабана выполняет неподвижный цилиндрический фильтровальный элемент, в который внутрь подается пленкой суспензия, а по центру в сопутствующем направлении – закрученный газовый поток. В этом случае давление на пленку будет создавать центробежная сила вращающегося газового потока. Кроме того, закрученный газовый поток придает вращательно-поступательное движение пленке, что обеспечивает равномерное ее распределение по периметру фильтровального элемента. За счет давления вращающегося газового потока через фильтровальную поверхность на начальном участке из суспензии удаляется основная влага, а на остальном участке будет происходить обкатывание и обдув твердых частиц закрученным газовым потоком и окончательное удаление влаги. Для воплощения нового способа разделения суспензий в производство создана серия газоцентрифужных разделителей крупнодисперсных суспензий [5 – 9], которые в дальнейшем будем сокращенно называть ГЦРС. Рассмотрим некоторые из этих конструкций. На рис. 3 представлены две конструкции ГЦРС. Конструкция варианта «а» работает при нисходящем движении суспензии и воз-

духа, а конструкция варианта «б» работает при восходящем движении суспензии и воздуха. Обе конструкции состоят из корпуса 1 с верхней и нижними крышками. Внутри корпуса вертикально по центру установлен цилиндрический фильтровальный элемент 2. В конструкции варианта «а» фильтровальный элемент открыт снизу, а в верхней части оканчивается расширяющимся конусом 3. Конус 3 заглушен сверху, а по центру его с зазором к фильтровальному элементу проходит патрубок 4 подачи воздуха. Для придания воздуху вращательного движения внутри патрубка установлен многолопастной завихритель 5. Сбоку в крышке корпуса 3 тангенциально закреплен штуцер 6 подачи суспензии. Для отвода из аппарата фильтрата и воздуха в корпусе имеются штуцера 7 и 8. В конструкции варианта «б» конус 3 с патрубком подачи воздуха 4 и штуцером 6 подачи суспензии крепится к фильтровальному элементу 2 снизу, сверху фильтровальный элемент соединен с циклоном 9.

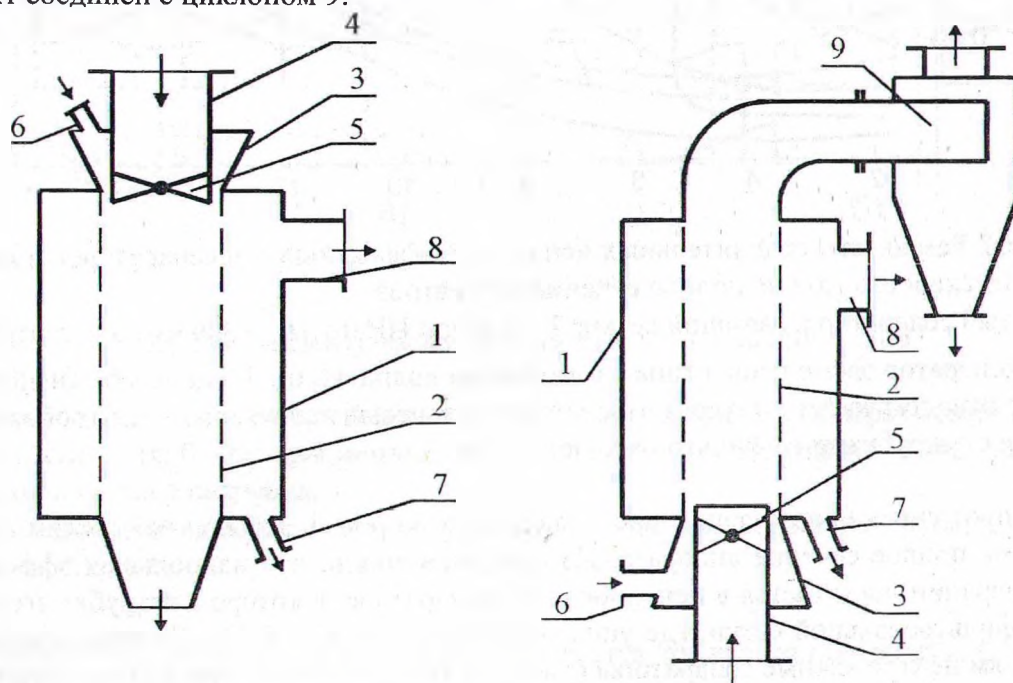


Рис. 3 Газоцентрифужные разделители суспензий

1 – корпус; 2 – фильтровальный элемент; 3 – конус; 4 – патрубок; 5 – завихритель; 6 – штуцер подачи суспензии; 7 – штуцер слива фильтрата; 8 – штуцер выхода воздуха; 9 – циклон

Разделение суспензий в ГЦРС осуществляется следующим образом. Через патрубок 4 и завихритель 5 в фильтровальный элемент вентилятором подается закрученный газовый поток. Через штуцер 6 в карман, образованный конусом 3 и патрубком 4 подается суспензия. Через кольцевой зазор суспензия вращающейся пленкой из кармана поступает в фильтровальный элемент. При совместном движении закрученного газового потока по центру и вращающейся пленки суспензии по стенке фильтровального элемента 2 возникает центробежная сила, которая создает повышенное давление на стенке. За счет перепада давления на фильтровальной перегородке жидкая фаза суспензии и частично газ продавливаются через отверстия перфорации и попадают в пространство между фильтровальным элементом и корпусом 1. Из этого пространства газ удаляется через штуцер 8, а фильтрат стекает пленкой по наружной поверхности элемента 2 вниз и через штуцер 7 выводится из аппарата. В конструкции ГЦРС варианта «а» основная часть воздуха вместе с твердым осадком движутся вниз и удаляются из аппарата. В конструкции ГЦРС варианта «б» воздух вместе с твердыми частицами движутся вверх и попадают в циклон 9. В циклоне происходит разделение фаз, и твердая фаза сыпается вниз, а газовый поток через

центральный патрубок циклона поднимается вверх. Высокие скорости пленки и сопутствующего газового потока в фильтровальном элементе исключают отложение твердой фазы. В зависимости от производительности в ГЦРС может быть установлено один или несколько фильтровальных элементов. Материал для изготовления фильтровальных элементов определяется размерами частиц твердой фазы суспензии. Для суспензий с крупнодисперсными частицами, например гранулы полимеров и вода, кристаллы солей и маточный раствор, элементы могут быть изготовлены из перфорированного стального листа или фильтровальной сетки. Опыт работы ГЦРС показывает, что влажность твердой фазы на выходе из ГЦРС очень низкая и во многих случаях отпадает необходимость в ее сушке. Одна из наиболее компактных и высокопроизводительных конструкций газоцентрифужного разделителя суспензий представлена на рис. 4. Компактность ее обусловлена тем, что вентилятор и газоцентрифужный разделитель совмещены в одной конструкции.

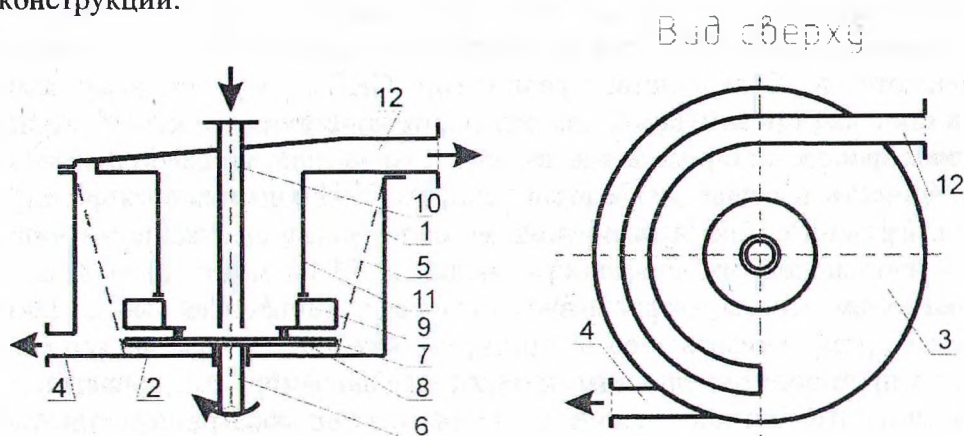


Рис. 4 Газоцентрифужный разделитель суспензий со встроенным вентилятором
 1 – корпус; 2 – днище; 3 – крышка; 4 – патрубок вывода фильтрата и воздуха; 5 – фильтровальный элемент; 6 – вал; 7 – распределительный диск; 8 – стержни; 9 – колесо вентилятора; 10 – питательная трубка; 11 – патрубок забора воздуха; 12 – спиралевидный патрубок выгрузки твердой фазы

Газоцентрифужный разделитель состоит из корпуса 1 с плоским днищем 2 и верхней съемной крышки 3. В нижней части цилиндрического корпуса имеется патрубок 4 для вывода фильтрата и воздуха. Внутри корпуса по всей высоте установлен конический фильтровальный элемент 5, расширяющийся кверху. Внизу по центру днища проходит вал 6, соединенный с распределительным диском 7. К диску 7 с помощью стержней 8 с небольшим зазором жестко закреплено колесо вентилятора 9. С помощью привода вала 6 диск 7 вместе с колесом 9 вращаются внутри фильтровального элемента. Через верхнюю крышку 3 по центру проходит питательная трубка 10 подачи суспензии, а также патрубок большего диаметра 11, предназначенный для забора сверху воздуха на всос колесом вентилятора. В крышке 3 также имеется спиралевидный патрубок 12 прямоугольного сечения для вывода из ГЦРС твердой фазы и воздуха. При работе ГЦРС со встроенным вентилятором включается привод и приводится во вращение распределительный диск 7 с колесом вентилятора 9. Через патрубок 10 суспензия подается на диск 7, равномерно распределяется на нем и за счет центробежных сил по касательной отбрасывается на фильтровальный элемент 5, образуя пленку суспензии. Вращающаяся пленка подхватывается закрученным газовым потоком, который создается колесом вентилятора, закрепленным с помощью стержней 8 над диском 7. За счет повышенного давления на пленку, возникающего у стенки элемента 5 при вихревом движении закрученного газожидкостного потока, жидкая фаза продавливается через отверстия перфо-

рации, стекает по наружной поверхности элемента вниз и через патрубок 4 выводится из аппарата. Через этот патрубок выводится и небольшое количество воздуха, прошедшего через отверстия перфорации в верхней части фильтровального элемента. Влажные частицы при помощи высокоскоростного газового потока продолжают двигаться по стенке элемента по спирали вверх, где за счет обдува воздухом и многочисленных ударов о фильтровальную перегородку происходит удаление влаги с их поверхности. Достигнув крышки 3 частицы вместе с газовым потоком через спиралевидный патрубок 12 выводятся из ГЦРС. Данная конструкция ГЦРС нашла широкое применение в промышленности. Так, при разделении полимерных суспензий при диаметре 0,45 м и высоте 0,4 м ГЦРС обеспечивает производительность 5 т/ч по твердой фазе. Результаты сравнительных испытаний по обезвоживанию полимерных суспензий в фильтрующих центрифугах и ГЦРС показали, что при одинаковой производительности ГЦРС обеспечивает более качественное отделение влаги от гранул, а расход электроэнергии в два раза ниже, чем в центрифугах. металлоемкость установки с применением ГЦРС в десять раз, а стоимость в девяносто три раза ниже, чем центрифуги. В настоящее время ГЦРС применяются на большинстве предприятий СНГ по производству полимеров. ГЦРС нашли широкое применение и для отделения кристаллов солей от насыщенного раствора. Такие процессы широко встречаются в химической, пищевой и других отраслях промышленности и осуществляются в основном с использованием фильтрующих центрифуг с выгрузкой осадка пульсирующим поршнем или вращающимися шнеками. На основании промышленных испытаний и внедрения ГЦРС можно сделать вывод, что использование их вместо центрифуг позволяет интенсифицировать многие технологические процессы, резко снизить энергозатраты, а также капитальные и эксплуатационные затраты на производство единицы продукции. Таким образом, приведенные примеры показывают, что при использовании проточного способа разделения многофазных систем можно значительно интенсифицировать многие технологические процессы, резко снизить их энергоемкость при значительном снижении капиталовложений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левданский Э. И. Разработка газочентробежных аппаратов для разделения крупнодисперсных гетерогенных систем. Дис. ... докт. техн. наук 015.17.08. Львов, 1990 – 352 с.
2. А. с. 827124 Центробежный сепаратор. Э. И. Левданский, А. И. Карпович, И. М. Плехов и др., опубл. в Б. И. № 17 1981 г.
3. А. с. 1228880 Центробежный сепаратор. Э. И. Левданский, И. И. Гавриленкова, А. И. Карпенко, И. М. Плехов и др., опубл. в Б. И. № 17 1986 г.
4. А. с. 1452555 Способ разделения суспензий. Э. И. Левданский, А. И. Карпович, В. Г. Поголяев, и др., опубл. в Б. И. № 3 1989 г.
5. А.с. 1153419 Устройство для отделения кристаллов от маточного раствора. И. М. Плехов, Э. И. Левданский, В. И. Лобачевский. 1985 г., с грифом «Публикация в открытой печати запрещена».
6. А.с. 1266038 Способ сгущения суспензий в поле центробежных сил. И. М. Плехов, Э. И. Левданский, В. И. Лобачевский. 1986 г., с грифом «Публикация в открытой печати запрещена».
7. А. с. 1503118 Аэроцентрифуга. Э. И. Левданский, И. М. Плехов, А. А. Лакомкин и др., опубл. в Б. И. № 8 1989 г.
8. А. с. 1510951 Устройство для разделения суспензий. Э. И. Левданский, Н. П. Кохно, А. Э. Левданский и др., опубл. в Б. И. № 15 1989 г.
9. А. с. 1524237 Устройство для разделения суспензий. И. М. Плехов, Э. И. Левданский, В. Б. Труханович и др., опубл. в Б. И. № 28 1989 г.