

Д. И. Мисюля, магистрант; А. А. Боровик, доцент; С. К. Протасов, доцент

НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ РОТОРНОГО МАССООБМЕННОГО АППАРАТА

The article gives a very good exposition of the classification of rotary mass-transfer apparatuses. A new construction of the rotary dispersive film mass-transfer apparatus of ventilation type with enhanced performance is worked out. It has low hydraulic resistance, wide usable range, small carry-over of liquid in the effluent gas stream between cylinders and apparatus vessel, high efficiency and high effectiveness of mass-transfer processes. This rotary dispersive film mass-transfer apparatus with low hydraulic resistance will allow to reduce capital and energy expenses and to enlarge the application of rotary dispersive film mass-transfer apparatus of ventilation type in the process of absorption and rectification in the polluted environments. It also may be used for wet gas cleaning from dust.

Введение. В химической, пищевой, нефтеперерабатывающей и других смежных с ними отраслях промышленности для проведения тепло-массообменных процессов в газожидкостных системах широкое применение находят роторные колонные аппараты [1–17].

Существующие роторные теплообменные аппараты отличаются между собой по конструкции, виду организуемой в них поверхности контакта фаз, направлению взаимного движения контактирующих фаз и т. д.

Роторные тепло-массообменные аппараты по виду организуемой поверхности контакта фаз разделяются на пленочные [1–11], дисперсионно-пленочные [12–17] и барботажные. В роторных пленочных массообменных аппаратах жидкость распределяется в виде пленки, текущей по твердой, подвижной или неподвижной поверхности. Распределение жидкости, участвующей в массообмене с газом или паром, в роторных дисперсионно-пленочных аппаратах происходит как в виде жидкостной пленки на контактных элементах, так и в виде капель и струй во всем объеме контактной ступени. В барботажных роторных аппаратах контактирование жидкости и газа (пара) происходит, как правило, на границе раздела фаз жидкой (сплошной) среды и газовых пузырей.

По способу организации взаимного движения фаз пленочные роторные аппараты подразделяются на противоточные и перекрестоточные, а дисперсионно-пленочные на противоточные, перекрестоточные и аппараты с объемным взаимодействием, в которых взаимное движение фаз однозначно не определено и может иметь разное направление в различных точках контактной ступени.

Пленочные роторные массообменные аппараты имеют сравнительно невысокое гидравлическое сопротивление, но не достаточно эффективны. Барботажные аппараты не нашли широкого применения по причине невысокой производительности. Перспективными являются роторные дисперсионно-пленочные массообменные аппараты, поскольку они обладают достаточно высокой эффективностью и харак-

теризуются сравнительно невысоким гидравлическим сопротивлением.

Основная часть. На кафедре процессов и аппаратов химических производств БГТУ с целью интенсификации процессов тепломассопереноса, снижения гидравлического сопротивления конструкции и расширения диапазона нагрузок по фазам разработана новая конструкция роторного дисперсионно-пленочного массообменного аппарата с невысоким гидравлическим сопротивлением.

Конструкция роторного дисперсионно-пленочного массообменного аппарата представлена на рисунке.

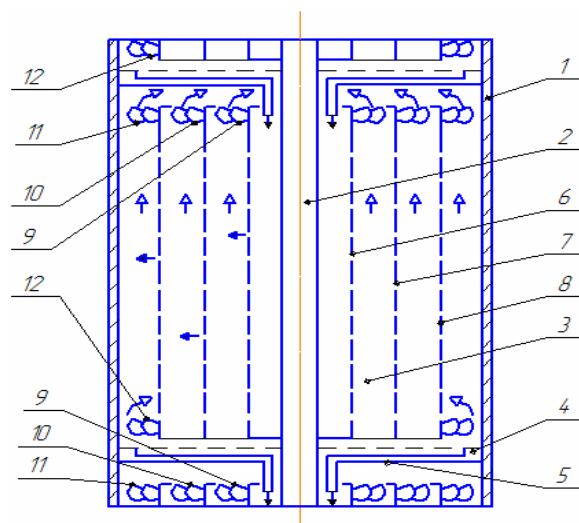


Рисунок. Роторный массообменный аппарат:
1 – вертикальный цилиндрический корпус; 2 – вал;
3 – ротор; 4 – кольцевой карман; 5 – трубки;
6, 7, 8 – распределительный, промежуточный
и внешний перфорированные цилиндры
соответственно; 9, 10, 11, 12 – наклонные лопатки

Роторный дисперсионно-пленочный массообменный аппарат состоит из вертикального цилиндрического корпуса 1 с размещенным по оси валом 2, контактных ступеней, каждая из которых содержит ротор 3 и переливное устройство, включающее кольцевой карман 4 и трубки 5. Ротор 3 состоит из распределительного 6, промежуточного 7 и внешнего 8 диспер-

гирующих коаксиальных перфорированных отбортованных цилиндров, в верхних частях которых жестко закреплены наклонные лопасти 9, 10, 11 соответственно, а в нижней части внешнего цилиндра 8 установлены наклонные лопасти 12, при этом лопасти 11 и 12 образуют с корпусом 1 зазор.

Роторный массообменный аппарат работает следующим образом.

Жидкость по трубкам 5 с вышележащей ступени контакта поступает во вращающийся распределительный цилиндр 6, через отверстия в стенке цилиндра под действием центробежных сил диспергируется на капли и попадает на внутреннюю стенку промежуточного цилиндра 7. Аналогичное перемещение жидкой фазы происходит от промежуточного цилиндра 7 к внешнему 8 и от внешнего цилиндра 8 к стенке корпуса 1, на поверхности которого образуется стекающая вниз пленка. Далее жидкость попадает в кольцевой карман 4, из которого по переливным трубкам 5 поступает на нижележащую контактную ступень.

Газовая фаза, закрученная наклонными лопатками 9, 10, 11 нижележащей контактной ступени, одновременно проходит в кольцевых пространствах между промежуточным 7 и внешним 8 цилиндрами, а также между внешним цилиндром 8 и корпусом 1, где газовый поток дополнительно закручивается наклонными лопатками 12. Взаимодействие фаз осуществляется на поверхности капель жидкости в пространстве между цилиндрами и корпусом 1 аппарата в режиме перекрестного тока, а также на поверхности пленки на внутренних стенках цилиндров и корпуса аппарата в режиме противотока. Уносимые газовым потоком капли жидкости соприкасаются с вращающимися наклонными лопатками 9, 10, 11 и под действием центробежной силы отбрасываются к стенке аппарата с образованием пленки, которая стекает вниз через зазор между лопатками 11 и корпусом 1 аппарата.

С целью интенсификации процессов тепло-массопереноса предлагается конструкция роторного дисперсионно-пленочного массообменного аппарата вентиляторного типа, содержащего вертикальный цилиндрический корпус, вал и расположенные по высоте контактные ступени. Каждая контактная ступень включает переливное устройство и ротор, который содержит распределительный цилиндр со сплошным нижним основанием, промежуточный и внешний цилиндры с открытыми нижними основаниями, а также наклонные лопасти, закрепленные в верхней части каждого цилиндра и в нижней части внешнего цилиндра. При этом угол наклона лопаток к горизонтальной плоскости на каждом перфорированном цилиндре постоянный, но уменьшается от распределительного к промежуточному и далее к внешнему цилиндру.

того к промежуточному и далее к внешнему цилиндру.

Такое конструктивное решение позволяет увеличить проходное сечение в зазорах между цилиндрами и корпусом аппарата, снизить скорость газовой фазы, а значит, уменьшить брызгоунос и гидравлическое сопротивление, расширить диапазон нагрузок по газу. Жестко закрепленные в верхней части цилиндров и вращающиеся вместе с ротором наклонные лопасти соприкасаются с уносимыми газовым потоком каплями и препятствуют уносу жидкости на вышележащую контактную ступень. Установка наклонных лопаток в нижней части внешнего перфорированного цилиндра обеспечивает дополнительное закручивание газового потока в кольцевом зазоре между внешним цилиндром и корпусом аппарата, что приводит к повышению коэффициентов массоотдачи и массопередачи и интенсифицирует массообмен в целом, а также препятствует срыву жидкости с поверхности корпуса аппарата. Увеличение угла наклона лопаток, закрепленных в верхней части диспергирующих цилиндров, позволяет равномерно распределить газ в зазорах между цилиндрами и корпусом аппарата и обеспечивает интенсивный контакт фаз в полном объеме контактной ступени. Кроме того, при значительных скоростях вращения ротора наклонные лопасти способствуют перемещению газа вдоль оси аппарата, снижая гидравлическое сопротивление.

Достоинством данной конструкции роторного дисперсионно-пленочного массообменного аппарата вентиляторного типа является то, что промежуточный и внешний перфорированные цилиндры выполнены с открытыми нижними основаниями, что увеличивает проходное сечение для газа и тем самым снижает брызгоунос и гидравлическое сопротивление конструкции. Установка наклонных лопаток под разным углом в верхней части распределительного, промежуточного и внешнего перфорированных цилиндров позволяет равномерно распределить газ в зазорах между цилиндрами и корпусом аппарата и обеспечивает интенсивный контакт фаз в полном объеме контактной ступени. Установка наклонных лопаток в нижней части внешнего перфорированного цилиндра обеспечивает дополнительное закручивание газового потока, увеличивает коэффициенты массоотдачи и массопередачи и интенсифицирует массообмен в целом, а также препятствует срыву капель и пленки жидкости со стенки корпуса аппарата, тем самым снижая вторичный унос.

Данный аппарат относится к устройствам для контактирования газа (пара) с жидкостью и может быть использован в качестве массообменного аппарата на предприятиях ПО «Азот»

г. Гродно, ОАО «Химволокно» г. Могилев, ОАО «МНПЗ» г. Мозырь, ОАО «Химволокно» г. Светлогорск, ОАО «Нафтан» г. Новополоцк, РУП «Белмедпрепараты» г. Минск и подобных предприятиях химической, нефтехимической, газовой, пищевой и других отраслей промышленности, где используются роторные массообменные аппараты.

Заключение. Выполнение промежуточного и внешнего перфорированных цилиндров с открытыми нижними основаниями позволяет увеличить проходное сечение для газа и расширить диапазон устойчивой работы по газовой фазе в 2–2,5 раза, тем самым снизить брызгоунос и гидравлическое сопротивление конструкции.

Установка наклонных лопаток в нижней части внешнего перфорированного цилиндра обеспечивает дополнительное закручивание газового потока, интенсифицируя массообмен и снижая вторичный унос.

В дальнейшем предполагается проведение исследования гидродинамических и массообменных характеристик данного роторного дисперсионно-пленочного массообменного аппарата.

Литература

1. Роторная колонна: а. с. 1183144 СССР, МКИ³ В 01 D 3/30 / А. В. Шафранский, В. М. Олевский. – № 1955979/26; заявл. 06.08.73; опубл. 07.10.85. – Бюл. № 37.
2. Пленочный центробежный массообменный аппарат: а. с. 454922 СССР, МКИ В 01 D 3/30 / В. И. Поляков, М. И. Ильин. – № 1457865/23-26; заявл. 02.07.70; опубл. 30.12.74. – Бюл. № 48.
3. Центробежный абсорбер: а. с. 1393459 СССР, МКИ⁴ В 01 D 3/30 / Ю. В. Мартынов, В. В. Сизов, Н. Н. Свистунов. – № 3997594/31-26; заявл. 02.01.86; опубл. 07.05.88. – Бюл. № 17.
4. Тепломассообменный аппарат: а. с. 709107 СССР, МКИ² В 01 D 3/30 / П. П. Ермаков. – № 2345009/23-26; заявл. 06.04.76; опубл. 15.01.80. – Бюл. № 2.
5. Теплообменный аппарат: а. с. 1274707 СССР, МКИ⁴ В 01 D 3/30 / В. А. Линева, А. Г. Липкин. – № 3640374/23-26; заявл. 08.09.83; опубл. 07.12.86. – Бюл. № 45.
6. Тепломассообменный аппарат: а. с. 2032442 РФ, МКИ⁶ В 01 D 3/30 / А. Г. Басс. – № 5006986/26; заявл. 29.10.91; опубл. 10.04.95. – Бюл. № 10.
7. Центробежный пленочный тепломассообменный аппарат: а. с. 1178459 СССР, МКИ³ В 01 D 3/30 / И. И. Пуховой, Д. Н. Белик, В. В. Невгод / Киевский ордена Ленина политехн. ин-т им. 50-летия Великой Октябрьской революции. – № 3703042/23-26; заявл. 20.02.84; опубл. 15.09.85. – Бюл. № 34.
8. Массотеплообменный аппарат: а. с. 1095919 СССР, МКИ³ В 01 D 3/30 / А. В. Шафрановский. – № 3576770/23-26; заявл. 10.01.83; опубл. 07.06.84. – Бюл. № 21.
9. Роторная пленочная массообменная колонна: а. с. 1457945 СССР, МКИ⁴ В 01 D 3/30 / А. В. Шафрановский, С. Л. Шмелев, В. М. Олевский, В. В. Курковская. – № 4283096/23-26; заявл. 13.07.87; опубл. 15.02.89. – Бюл. № 6.
10. Теплообменная колонна: а. с. 1212450 СССР, МКИ⁴ В 01 D 3/30 / В. Р. Ручинский, Ю. Г. Нечаев, Е. М. Микальчук, Ю. А. Бленов / Краснодар. ордена Трудового Красного Знамени политехн. ин-т. – № 3738288/23-26; заявл. 08.05.84; опубл. 23.02.86. – Бюл. № 7.
11. Роторная массообменная колонна: а. с. 1095920 СССР, МКИ³ В 01 D 3/30 / Ю. Г. Нечаев и др. / Краснодар. ордена Трудового Красного Знамени политехн. ин-т. – № 3598094/23-26; заявл. 27.05.83; опубл. 07.06.84. – Бюл. № 21.
12. Контактный аппарат АФ: а. с. 1648523 СССР, МКИ⁵ В 01 D 3/30 / А. Н. Филимонов [и др.]. – № 4402603/26; заявл. 04.04.88; опубл. 15.05.91. – Бюл. № 18.
13. Роторный массообменный аппарат: а. с. 1556705 СССР, МКИ⁵ В 01 D 3/30 / В. Н. Мамин, И. Н. Рывкин / Краснодар. политехн. ин-т. – № 4452429/31-26; заявл. 17.05.88; опубл. 15.04.90. – Бюл. № 14.
14. Тепломассообменный аппарат: а. с. 1421358 СССР, МКИ⁴ В 01 D 3/30 / К. В. Ретюхин, А. В. Реусов / Научно-производственное объединение «Полимерсинтез». – № 4151473/23-26; заявл. 08.10.86; опубл. 07.09.88. – Бюл. № 33.
15. Вакуумная ректификационная колонна: а. с. 1162445 СССР, МКИ⁴ В 01 D 3/30 / А. В. Шафрановский. – № 3699219/31-26; заявл. 31.01.84; опубл. 23.06.85. – Бюл. № 23.
16. Массообменная колонна: а. с. 1639704 СССР, МКИ⁵ В 01 D 3/30 / А. Ф. Сорокопуд, А. В. Ельцов / Кемеровский технол. ин-т. пищ. пром-сти. – № 4429251/26; заявл. 19.05.88; опубл. 07.04.91. – Бюл. № 13.
17. Лозовой, А. С. Роторный массообменный аппарат с рециркуляцией жидкой фазы / А. С. Лозовой, В. М. Бреднев, А. А. Александровский // Труды КХТИ. – 1973. – Вып. V. – С. 75–83.