

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ БЕСПРИВОДНОГО РОТОРНОГО МАССООБМЕННОГО АППАРАТА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК

In the article improving construction of mass-transfer without drive dispersive-film apparatus are considered and rotation frequency of rotor are investigated.

В данной работе выполнена конструктивная модернизация разработанного ранее массообменного роторного бесприводного аппарата [1–3] с целью более полного использования энергии восходящего газового потока и стекающей по контактным ступеням жидкости для вращения ротора, диспергирования жидкости и сепарации фаз после их контакта, а также проведены экспериментальные исследования некоторых его рабочих характеристик.

Схема усовершенствованного аппарата представлена на рис. 1.

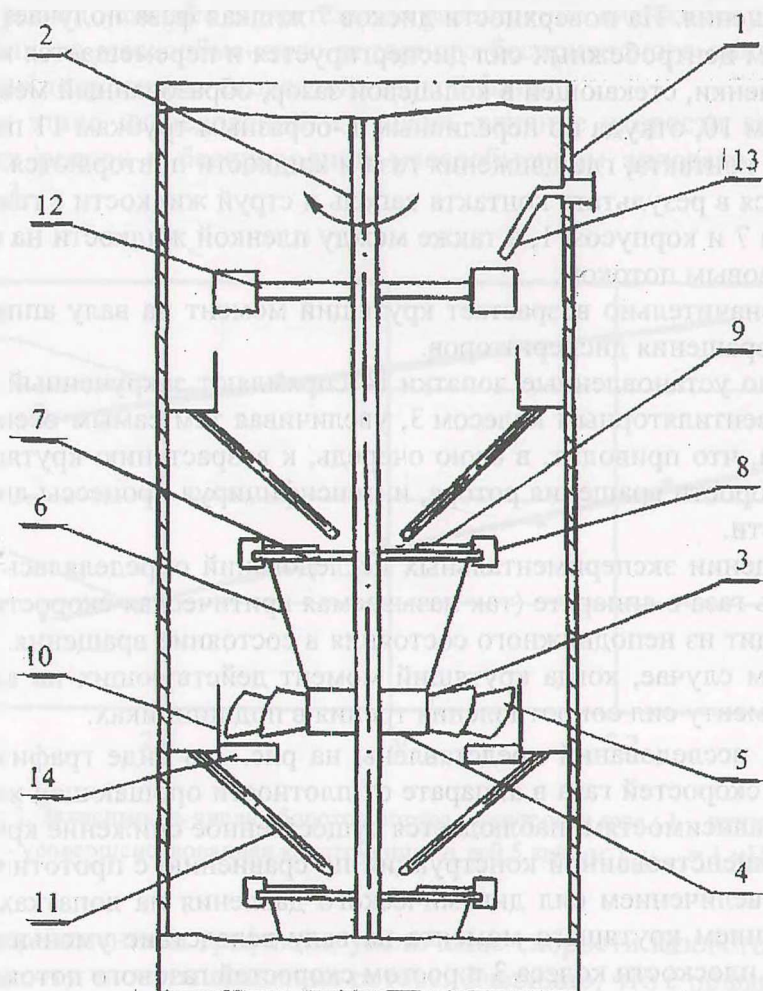


Рис. 1. Роторный бесприводной дисперсионно-пленочный массообменный аппарат: 1 – цилиндрический корпус; 2 – вал; 3 – вентиляторное колесо; 4 – втулка; 5 – наклонные лопатки; 6 – опорный конус; 7 – диспергирующий диск; 8 – вертикальные лопатки; 9 – разгонные лопатки; 10 – газовый патрубок; 11 – Г-образные переливные трубки; 12 – жидкостное колесо; 13 – подводящий жидкостной патрубок; 14 – вертикальные неподвижные лопатки

Аппарат содержит вертикальный цилиндрический корпус 1, общий вал 2, размещенный по оси аппарата, контактные ступени, каждая из которых включает вентиляторное колесо 3, содержащее втулку 4 и наклонные лопатками 5, опорный конус 6, диспергирующий диск 7 с вертикальными лопатками 8 и разгонными лопатками 9, газовый патрубок 10 и переливное устройство, выполненное в виде переливных Г-образных трубок 11, нижние концы которых отогнуты по ходу вращения диспергирующего диска.

Принципиально новыми конструктивными элементами, составляющими предмет новизны, являются: установленное на валу в верхней контактной ступени аппарата жидкостное колесо 12 с вертикальными лопатками, тангенциально установленный к колесу 12 подводный жидкостной патрубок 13, а также вертикальные неподвижные лопатки 14, жестко соединенные с газовым патрубком 10. Кроме того, в модернизированном аппарате диаметр втулки 4 значительно больше, чем в прототипе.

Принцип работы аппарата следующий. Поток газа при движении снизу вверх по аппарату попадает в газовый патрубок 10 и, воздействуя на лопатки 5 вентиляторного колеса 3, вызывает вращение вала 2 с диспергирующими дисками 7. Поступающая на верхнюю контактную ступень жидкость тангенциально подается на жидкостное колесо 12 и, воздействуя на вертикальные лопатки, создает дополнительный момент вращения.

Под действием гидростатического напора вышележащей контактной ступени жидкость поступает в переливные Г-образные трубки 11 и подается на диспергирующий диск 7 по ходу его вращения. На поверхности дисков 7 жидкая фаза получает энергию вращения, под действием центробежных сил диспергируется и перемещается к стенке аппарата с образованием пленки, стекающей в кольцевой зазор, образованный между корпусом 1 и газовым патрубком 10, откуда по переливным Г-образным трубкам 11 попадает на нижележащую ступень контакта, где движения газа и жидкости повторяются. Взаимодействие фаз осуществляется в результате контакта капель и струй жидкости с газом в пространстве между дисками 7 и корпусом 1, а также между пленкой жидкости на стенке корпуса 1 и закрученным газовым потоком.

При этом значительно возрастает крутящий момент на валу аппарата, а значит и угловая скорость вращения диспергаторов.

Вертикально установленные лопатки 14 спрямляют закрученный газовый поток в плоскости перед вентиляторным колесом 3, увеличивая тем самым осевое давление газа на лопатки колеса, что приводит, в свою очередь, к возрастанию крутящего момента на валу и угловой скорости вращения ротора, интенсифицируя процессы диспергирования и сепарации жидкости.

При проведении экспериментальных исследований определялась минимально допустимая скорость газа в аппарате (так называемая критическая скорость газа), при которой ротор переходит из неподвижного состояния в состояние вращения. Данный переход наблюдается в том случае, когда крутящий момент действующих на вал сил вращения станет равным моменту сил сопротивления трения в подшипниках.

Результаты исследований представлены на рис. 2 в виде графических зависимостей критических скоростей газа в аппарате от плотности орошающей жидкости. Согласно приведенным зависимостям, наблюдается существенное снижение критических скоростей газа в усовершенствованной конструкции по сравнению с прототипом. Это связано, прежде всего, с увеличением сил динамического давления на лопатках вентиляторного колеса и возрастанием крутящего момента на валу вследствие уменьшения проходного сечения для газа в плоскости колеса 3 и ростом скоростей газового потока.

Увеличение плотности орошения приводит к росту критической скорости в прототипе, что объясняется ростом массы ротора и сил трения в подшипниках аппарата.

Для модернизированного аппарата ситуация обратная: увеличение подачи жидкости, а значит и ее скорости, приводит к росту сил давления на лопатках жидкостного колеса и снижению критической скорости газа.

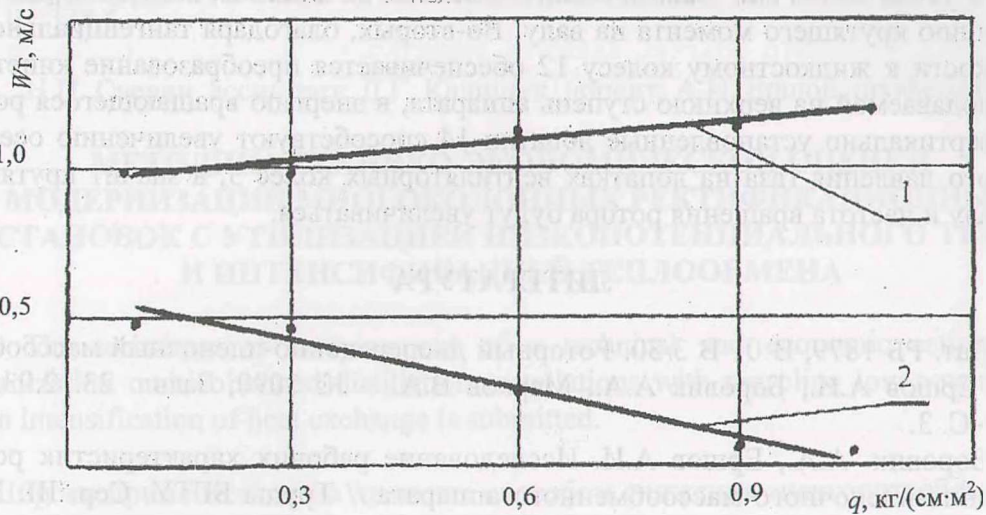


Рис. 2. Зависимость критической скорости от плотности орошения: 1 – прототип; 2 – усовершенствованная конструкция

Таким образом, очевидно значительное расширение диапазона устойчивой работы усовершенствованного массообменного роторного бесприводного аппарата за счет снижения минимально допустимых скоростей газовой фазы.

На втором этапе исследований изучалось влияние скорости газового потока на частоту вращения ротора в бесприводном массообменном аппарате. Результаты представлены на рис. 3.

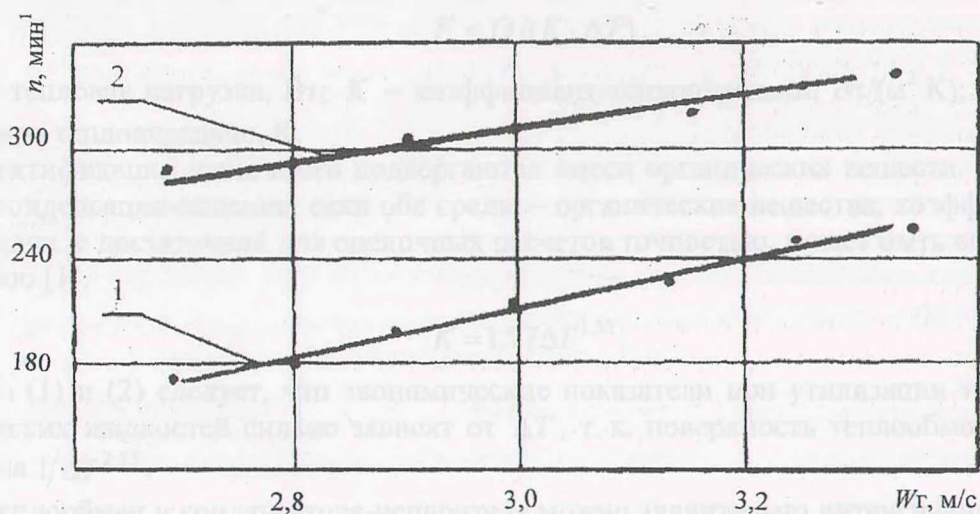


Рис. 3. Зависимость числа оборотов ротора от скорости газа: 1 – прототип; 2 – усовершенствованная конструкция. $q = 0,5 \text{ кг/(с·м}^2\text{)}$; $\mu_{ж} = 1 \text{ мПа·с}$

Согласно приведенным графикам, увеличение скорости газового потока приводит к значительному росту частоты вращения ротора. Очевидно, что с повышением скоростей газа увеличивается динамическое давление на лопадки вентиляторного колеса, возрастают крутящий момент на валу и угловая скорость вращения ротора, а значит улучшается диспергирование жидкой фазы и интенсифицируются процессы переноса.

Использование новых конструктивных элементов в аппарате также положительно влияет на увеличение частоты вращения ротора, что объясняется следующими причинами. Во-первых, применение вентиляторных колес 3 с малыми проходными сечениями

приводит к увеличению сил динамического давления на лопатках вентиляторного колеса и возрастанию крутящего момента на валу. Во-вторых, благодаря тангенциальному подводу жидкости к жидкостному колесу 12 обеспечивается преобразование кинетической энергии, подаваемой на верхнюю ступень аппарата, в энергию вращающегося ротора. В-третьих, вертикально установленные лопатки 14 способствуют увеличению осевого динамического давления газа на лопатках вентиляторных колес 3, а значит крутящий момент на валу и частота вращения ротора будут увеличиваться.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. РБ 1879, В 01 В 3/30. Роторный дисперсионно-пленочный массообменный аппарат / Ершов А.И., Боровик А.А., Марков В.А. – № 1090; Заявл. 23.12.93; Оpubл. 15.05.97. – С. 3.

2. Боровик А.А., Ершов А.И. Исследование рабочих характеристик роторного дисперсионно-пленочного массообменного аппарата // Труды БГТУ. Сер. III. Химия и технология неорганических веществ.– 1994. – Вып. II. – С. 83–8.

3. Боровик А.А., Ершов А.И. Исследование влияния условий масштабного перехода на брызгоунос и массообмен в роторном бесприводном дисперсионно-пленочном аппарате // Труды БГТУ. Сер. III. Химия и технология неорганических веществ.– 1999. – Вып. VII. – С. 45–47.

