

УДК 66.074.515

И. А. Лютаревич, аспирант; В. А. Марков, профессор; А. И. Вилькоцкий, ассистент

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ В НЕОРОШАЕМОМ РОТОРНОМ МАССОБМЕННОМ АППАРАТЕ

In this article is given description non-irrigated rotor mass-transfer apparatus. Is given description experimental data and their interpretation.

Одним из перспективных направлений интенсификации массообменных процессов является разработка и использование конструкций аппаратов, обеспечивающих развитую поверхность межфазного контакта и ее непрерывное обновление при взаимодействии фаз.

Анализ конструктивных решений показывает, что среди поверхностных, распыливающих и барботажных аппаратов, применяемых для поглощения компонентов из газового потока (абсорбции) следует выделить дисперсионно-пленочные, в которых взаимодействие фаз осуществляется в зоне интенсивного диспергирования жидкости распыливающим устройством с последующим контактом газа с пленочным течением жидкости [1-5]. Применение в таких аппаратах закрученного потока позволяет интенсифицировать проводимые процессы и существенно увеличить скорости взаимодействующих фаз при сравнительно невысоком гидравлическом сопротивлении.

Для взаимодействия газожидкостных систем в закрученном потоке была разработана конструкция роторного дисперсионно-пленочного аппарата и проведены предварительные исследования гидродинамики однофазного газового потока на экспериментальной установке (рис. 1).

Разработанный роторный дисперсионно-пленочный аппарат, представленный на рис. 1, содержит цилиндрический корпус 1 с тангенциальным входным 2 и выходным 3 патрубками для газа, диспергирующее устройство 4 для жидкости, насаженное на приводной вал 5. Устройство выполнено в виде полого перфорированного цилиндра с отбортовкой, в верхней части которого закреплен лопастный завихритель 6. Газ подавался в аппарат по трубопроводу 7 вентилятором 8. Расход газа из-

мерялся при помощи трубки Пито 9. Частотный преобразователь 10 служил для изменения частоты вращения вала электродвигателя 11. Угол α входного патрубка в аппарат составлял 7° к горизонтали.

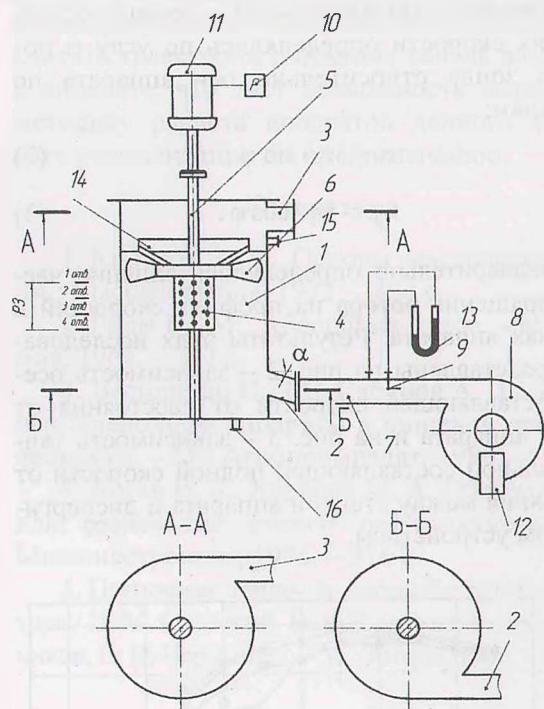


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:
1 – корпус; 2 – входной патрубок; 3 – выходной патрубок; 4 – диспергирующее устройство; 5 – вал; 6 – лопастный завихритель; 7 – трубопровод; 8 – вентилятор; 9 – трубка Пито; 10 – частотный преобразователь; 11 – электродвигатель; 12 – заслонка; 13 – микроманометр; 14 – переливное устройство; 15 – штуцер для подвода жидкости; 16 – штуцер для отвода жидкости

Замеры локальных скоростей в аппарате проводились с помощью зонда в четырех сечениях аппарата (на рис. 1 зона P3) при различ-

ных режимах его работы по газовой фазе: при переменных средней скорости на сечение $w_{\text{ср}} = 2,7-4,8$ м/с и частоте вращения ротора $n = 800-1400$ об/мин. Полное расстояние от стенки аппарата до диспергирующего устройства составляло 63 мм. Направление абсолютной скорости при этом определялось вращением зонда вокруг своей оси до уравнивания давлений в боковых отверстиях, а величина скорости – по разности давлений между центральным и боковыми отверстиями зонда по соотношению

$$w_i = \sqrt{\frac{2 \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot g \cdot h_i \cdot 10^{-3}}{\rho_{\text{г}} \cdot (k_1 - k_2)}}, \quad (1)$$

где $\rho_{\text{ж}}$ и $\rho_{\text{г}}$ – соответственно плотности манометрической жидкости и газа, кг/м³; g – ускорение свободного падения, м/с²; h_i – показатель микроманометра, мм; k_1 и k_2 – безразмерные тарировочные коэффициенты отверстий зонда.

Величины тангенциальной и осевой составляющих скорости определялись по углу φ поворота зонда относительно оси аппарата по формулам:

$$w_{\tau} = w_i \cdot \sin \varphi; \quad (2)$$

$$w_{\sigma} = w_i \cdot \cos \varphi. \quad (3)$$

Предварительно определялось влияние частоты вращения ротора на профиль скорости в сечениях аппарата. Результаты этих исследований представлены на рис. 2 – зависимость осевой составляющей скорости от расстояния от стенки аппарата и на рис. 3 – зависимость тангенциальной составляющей полной скорости от расстояния между стенкой аппарата и диспергирующим устройством.

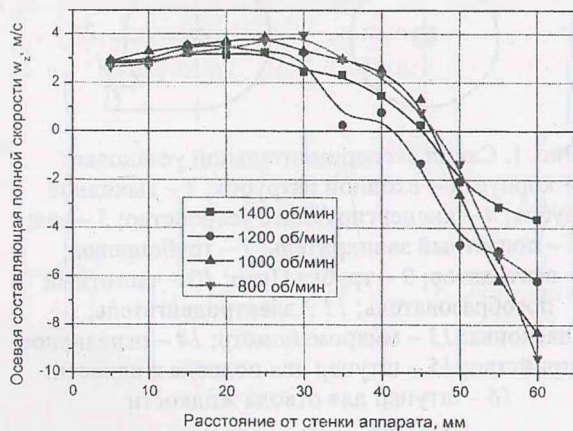


Рис. 2. Профиль осевой составляющей полной скорости по сечению аппарата при различных оборотах ротора

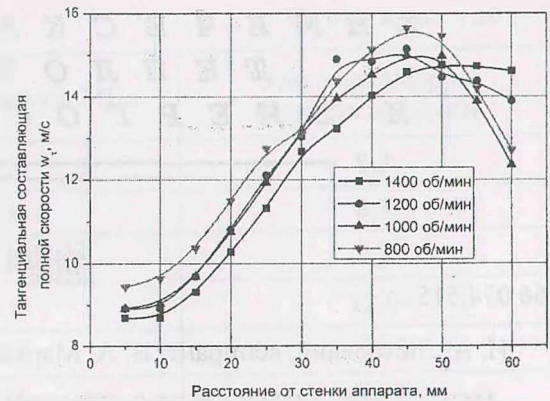


Рис. 3. Профиль тангенциальной составляющей полной скорости по сечению аппарата при различных оборотах ротора

Анализируя результаты исследований, можно отметить, что частота вращения ротора оказывает незначительное влияние на профили тангенциальной и осевой составляющих скоростей. Исходя из этого, дальнейшие результаты исследований представлены для частоты вращения ротора $n = 1000$ об/мин, которая является средней в исследуемом диапазоне.

Важным критерием эффективности аппаратов данного типа является величина уноса жидкой фазы. Главным фактором, влияющим на величину уноса, является средняя скорость газа по сечению аппарата. В связи с этим были проведены исследования по определению влияния величины средней скорости на профили тангенциальной и осевой скорости. Результаты исследований приведены на рис. 4 и 5.

Анализ результатов опытных данных показывает, что направление осевой скорости меняется по сечению аппарата. Следовательно, на унос жидкости будет влиять характер движения газа на участке, равном половине расстояния между стенкой аппарата и диспергирующим устройством.

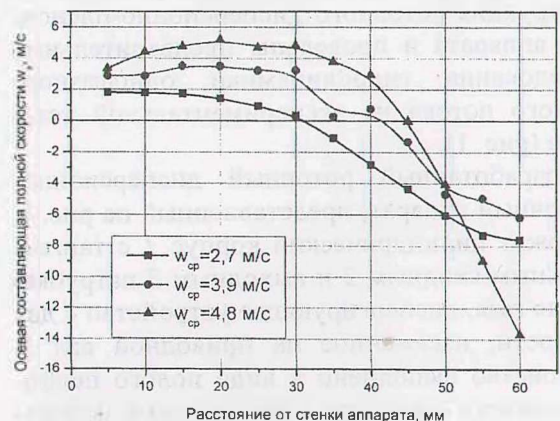


Рис. 4. Профиль осевой составляющей полной скорости по сечению аппарата при различных средних скоростях

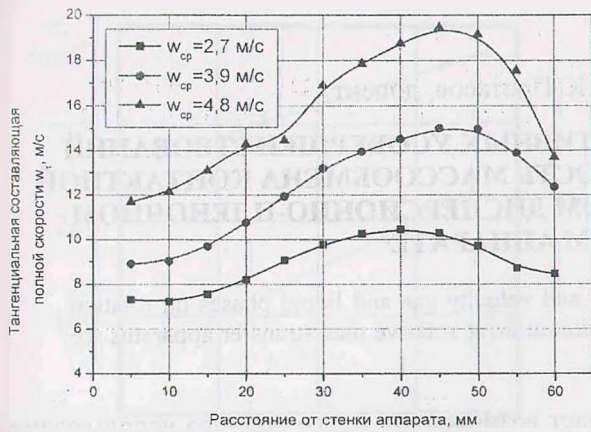


Рис. 5. Профиль тангенциальной составляющей полной скорости по сечению аппарата при различных средних скоростях

Так как основной рабочей зоной аппарата является участок по высоте диспергирующего устройства (РЗ на рис. 1), то представляет интерес распределение скоростей по его высоте. На этом участке были измерены скорости в четырех сечениях, равномерно расположенных по высоте рабочей зоны.

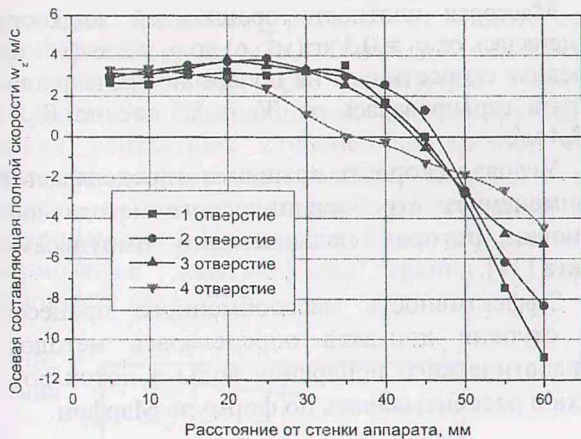


Рис. 6. Профиль осевой составляющей полной скорости по сечению аппарата в различных точках диспергирующего аппарата

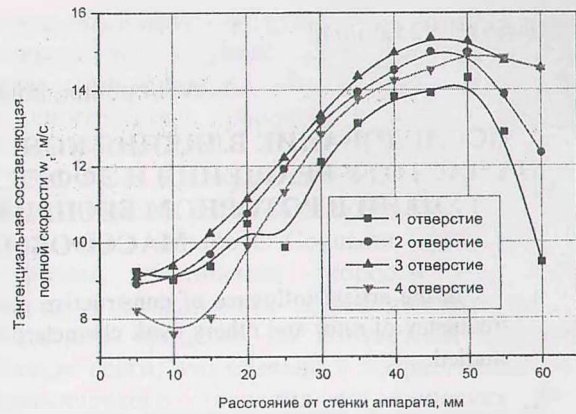


Рис. 7. Профиль тангенциальной составляющей полной скорости по сечению аппарата в различных точках диспергирующего аппарата

Результаты исследований, представленные на рис. 6 и 7, показывают, что характер изменения скоростей одинаков по высоте диспергирующего устройства.

В дальнейшем планируется провести эксперименты с орошением. Приведенные в данной статье результаты экспериментов позволяют рассчитать траектории движения капель жидкости в аппарате, что даст возможность выработать методику расчета аппаратов данного типа и дать рекомендации по их применению.

Литература

1. Кафаров В. В. Основы массопередачи. – М.: Высшая школа, 1972. – 494 с.
2. Рамм В. М. Абсорбция газов. – М.: Химия, 1966. – 767 с.
3. Василюк И. М., Сабуров А. Г. Роторные пленочные аппараты в пищевой промышленности. – М.: Агропромиздат, 1989. – 136 с.
4. Коган В. Б., Харисов М. А. Оборудование для разделения смесей под вакуумом. – Л.: Машиностроение, 1976. – 376 с.
5. Пленочная тепло- и массообменная аппаратура / В. М. Олевский, В. Р. Ручинский, А. М. Кашников, В. И. Чернышев. – М.: Химия, 1988. – 240 с.