

УДК 532.529.5

И. В. Легчилов, аспирант; В. А. Марков, профессор; С. В. Антипов, студент

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДВИЖЕНИЯ ПЛЕНКИ ЖИДКОСТИ

Preliminary results experimental researches on studying movement of a film of a liquid in a cylindrical pipe under influence of the twirled stream of gas are given.

Закрученные одно- и многофазные потоки, широко применяемые в аппаратах для разделения фаз (циклонных, роторных сепараторах), для проведения тепломассообменных процессов (абсорберах, теплообменниках, выпарных аппаратах), позволяют интенсифицировать процессы и тем самым снизить металлоемкость аппаратов [1-3]. Взаимодействие фаз может осуществляться в противоточном, восходящем и нисходящем прямоточных режимах, при которых жидкая фаза, благодаря центробежным силам, отбрасывается на стену канала (трубы) и движется в виде тонкой пленки, а газовый поток занимает остальное сечение [3-5].

Закрутка потока (как правило, газового) создается в каналах различного поперечного сечения (круглого, многогранного и т.п.) и разной длины, что оказывает влияние на структуру закрученного потока и его гидродинамические характеристики. Так, в коротких камерах большого диаметра образуются значительные возвратные течения (в циклонах, в вихревых трубках Ранка), в длинных трубах наблюдается значительное затухание тангенциальной составляющей вектора полной скорости, в каналах шестигранного поперечного сечения – деформирование осевой и тангенциальной составляющих с турбулизацией потока.

Для оценки и сравнения закрученных газовых потоков, создаваемых различными завихрителями, вводят понятие критерия (или параметра) крутки m , для расчета которого предлагаются различные зависимости. Так, некоторые исследователи [7] за параметр крутки принимают отношение максимальных значений тангенциальной и осевой составляющих вектора полной скорости, т.е.

$$m = \frac{U_{\varphi(\max)}}{U_{z(\max)}} \quad (1)$$

Однако чаще используют параметр крутки, определяемый как отношение углового импульса потока к осевому импульсу, умноженному на радиус трубы [4,8]:

$$m = \frac{2\pi\rho \int_0^R U_z \cdot U_{\varphi} \cdot r^2 dr}{2\pi\rho \int_0^R U_z^2 \cdot R \cdot r dr} \quad (2)$$

где U_z , U_{φ} – локальные осевая и тангенциальная составляющие скорости; ρ – плотность среды; r – текущий радиус; R – радиус трубы.

Очевидно, что приведенные параметры крутки являются характеристиками для некоторого сечения трубы по ее длине, поскольку значения скоростей U_z и U_{φ} с увеличением расстояния от завихрителя будут меняться из-за затухания крутки (U_{φ} стремится к нулю). Как показывают результаты исследований [4], представленные на рис. 1,

параметр крутки m зависит от плотности орошения q ($\text{м}^3/\text{м}\cdot\text{ч}$) и отношения длины трубы l к его внутреннему диаметру d . Влияние угла (α) наклона лопастей завихрителя на величину m незначительное. Отмечается, что закон затухания крутки по длине трубы оказывается одинаковым для всех конструкций завихрителей.

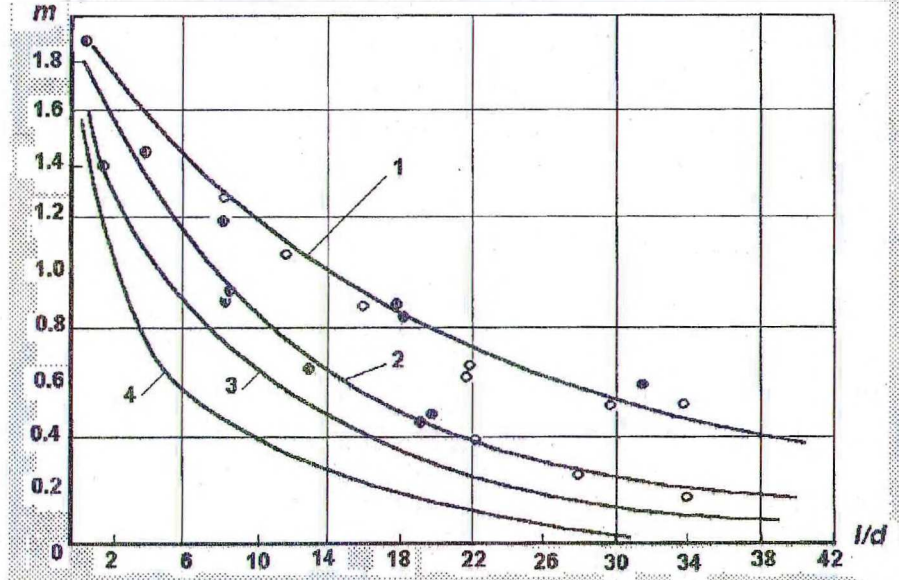


Рис. 1. Изменение критерия крутки m по длине трубы: 1 – $q = 0$; 2 – 0,35; 3 – 0,55; 4 – 0,75; ● – $\alpha = 20^\circ$; ○ – $\alpha = 30^\circ$; ● – $\alpha = 40^\circ$

Наряду с изучением характеристик закрученного газового потока проведены многочисленные исследования параметров движущейся пленки жидкости [1-4,9 и др.]. Как правило, авторами рассматривалось установившееся осесимметричное движение пленки при свободном стекании по поверхностям, а также под воздействием газового потока без учета изменения ее характеристик по высоте канала. В задачу экспериментальных исследований входило изучение движения пленки жидкости по высоте цилиндрического канала под воздействием закрученного газового потока при восходящем прямоточном режиме движения. Опыты проводились на системе вода-воздух. При этом использовались трубы диаметром 50x2,5 мм и 100x3 мм длиной до $10d$, шестилопастный завихритель с углом наклона лопастей относительно горизонтальной плоскости 30° и 45° . Среднерасходная скорость газа (ω) в канале изменялась в пределах 10 – 25 м/с, плотность орошения – 0-1,2 $\text{м}^3/(\text{м}\cdot\text{ч})$. Направление движения пленки (угол β относительно горизонтальной плоскости) замерялся методом трассирования на разной высоте от завихрителя.

Некоторые результаты предварительных исследований, представленные на рис. 2, 3, показывают, что при небольших скоростях газового потока угол, под которым движется пленка, не увеличивается, а, наоборот, уменьшается. С увеличением скорости газа (>15 м/с) крутка по длине канала затухает и угол β растет. Плотность орошения при этом существенного влияния не оказывает, хотя было замечено, что с увеличением q и отношения l/d структура кольцевого режима движения нарушается. Дальнейшие исследования позволят выявить критические режимные параметры, при которых происходят изменения в структуре закрученного потока, провести анализ влияния разных параметров на движение пленки жидкости и получить расчетные зависимости.

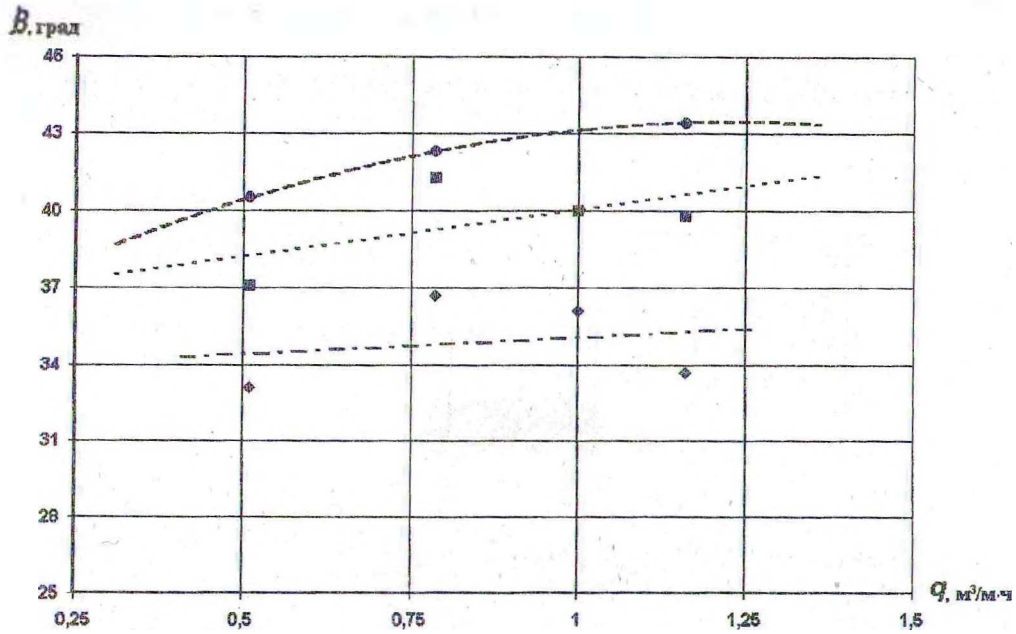


Рис. 2. Изменение угла движения пленки жидкости по высоте канала:
 $\alpha = 30^\circ$; $l = 180$ мм; $\omega = \blacklozenge - 15$ м/с; $\blacksquare - 19$ м/с; $\bullet - 21,3$ м/с

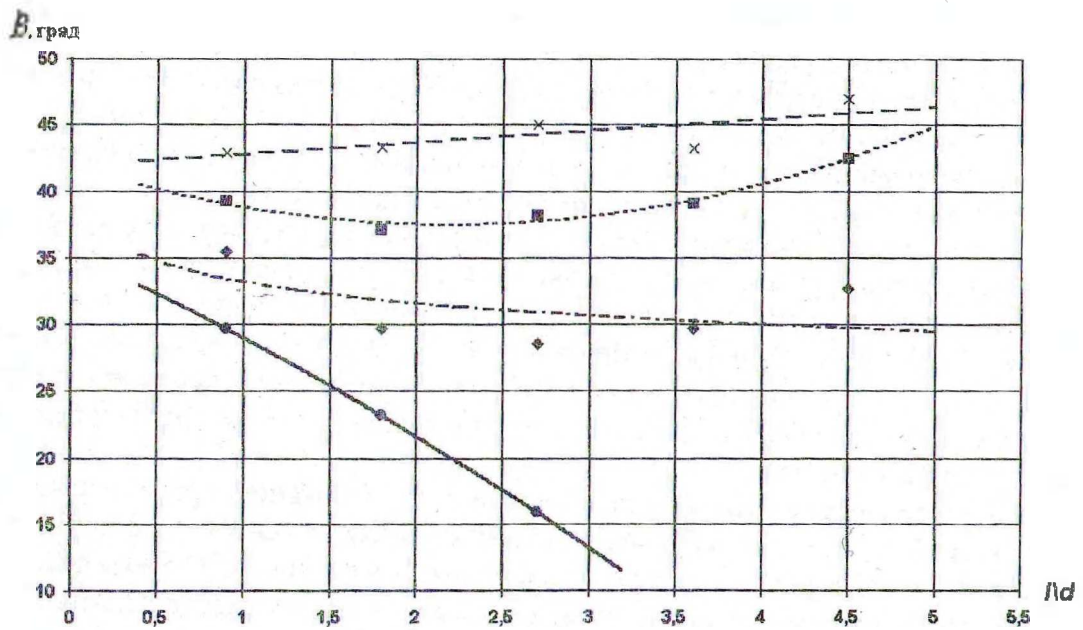


Рис. 3. Влияние плотности орошения на движение пленки жидкости:
 $\alpha = 45^\circ$; $q = 0,51$ $\text{m}^3/(\text{m}\cdot\text{с})$; $\omega = \bullet - 11,4$ м/с; $\blacklozenge - 15$ м/с; $\blacksquare - 19$ м/с; $\times - 21,3$ м/с

ЛИТЕРАТУРА

1. Алимов Р.З. Интенсификация массоотдачи с помощью закрученного потока // ЖПХ. – 1962. Т.35. № 3. – С. 524–529.
2. Алимов Р.З. Интенсификация конвективного тепло- и массообмена с помощью завихренного двухфазного потока // Изв. АН СССР, ОТН «Энергетика и автоматика». – 1962. № 1. – С. 101–105.
3. Ершов А.И. Разработка, исследование и применение элементных ступеней контакта с взаимодействием фаз в закрученном прямотоке: Автореф. дис... доктор. техн. наук. – Л.: ЛТИ, 1975.
4. Хотин Л.М. Исследование гидродинамики одно- и двухфазного закрученного потока в трубах и контактных устройствах: Дис... канд. техн. наук. – Минск, 1980. – 137 с.
5. Шукин В.К. Теплообмен и гидродинамика внутренних потоков в полях массовых сил. – М.: Машиностроение, 1970. – 330 с.
6. Николаев Н.А., Жаворонков Н.М., Малюсов В.А. Расчет ректификационных колонн с прямоточными и прямоточно-вихревыми контактными устройствами // ТОХТ. – 1974. Т. 8. – С. 853–865.
7. Устименко В.П., Ткацкая О.С. Аэродинамика закрученной струи // Сб. «Проблемы энергетики и прикладной теплофизики». – Алма-Ата: Наука, 1970. – Вып.6. – С. 211–216.
8. Дубов В.С. Распространение свободной закрученной струи в затопленном пространстве // Сб. ЛПИ «Энергомашиностроение». – 1955. № 176. – С. 137–145.
9. Тонанайко Ю.М., Воронцов Е.Г. Методы расчета и исследования пленочных процессов. – Киев: Техника, 1975. – 311 с.

УДК 666.92

Э.И. Левданский, профессор; А.Э. Левданский, ст. преподаватель;
А.И. Вилькоцкий, ассистент

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ ПРОТОЧНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ В ЛИНЕЙНОМ ГРОХОТЕ

The complete mathematical model of process of classification in a linear roar is created. The mathematical description of processes in an inclined roar is made.

Для снижения энергозатрат и повышения эффективности процесса помола необходимо продукты измельчения, не задерживая в рабочей зоне, постепенно выводить из нее. Однако удалить из зоны помола только мелкие частицы, соответствующие размерам готового продукта, практически невозможно, и поэтому в удаляемом из мельницы материале всегда будут находиться и более крупные частицы, которые необходимо выделить из общей массы и снова направить в мельницу для дополнительного измельчения. Такая схема называется замкнутым циклом помола и находит все более широкое применение в промышленности. Эффективность помола при замкнутом цикле сильно зависит от качества разделения выходящего из мельницы материала в классифицирующем устройстве. Известно большое количество конструкций гидравлических классификаторов. В последние годы в зарубежной цементной и горнорудной промышленности для обеспечения работы мельниц мокрого помола в замкнутом цикле с успехом