

УДК 621.69

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ СТРУЙНОГО СМЕСИТЕЛЯ

Битюцких С.Ю.

ЮУрГУ (НИУ), г. Челябинск, bitiutckikhsi@susu.ru

Ключевые слова: струйный смеситель, моделирование гидродинамики, кавитация, характеристика.

Смесительные устройства используются в нефтехимической, теплоэнергетической, машиностроительной, пищевой и других отраслях промышленности для смешения различных легко- и трудносмешиваемых жидкостей и получения высокодисперсных смесей. Однородность смеси является важным фактором с точки зрения качества продукта. Вместе с тем повышение дисперсности смеси улучшает устойчивость к расслоению, а следовательно, увеличивает качество получаемого продукта.

С точки зрения ограничения затрат времени и энергии во многих технологических циклах качественное смешение жидкостей является достаточно сложной операцией. В данной работе рассматривается гидростатический смеситель струйного типа. Такие аппараты используют внутреннюю энергию потока и не требуют подвижных механических элементов в своей конструкции. Особенности формирования геометрии проточной части смесителя приводят к развитому турбулентному течению, которое усиливает массоперенос и механическое взаимное перемешивание жидкостей. На рис. 1 изображена принципиальная схема струйного смесителя. Основными элементами смесителя являются конфузор, многоструйное сопло в виде диска, цилиндрическая камера смешения, диффузор.

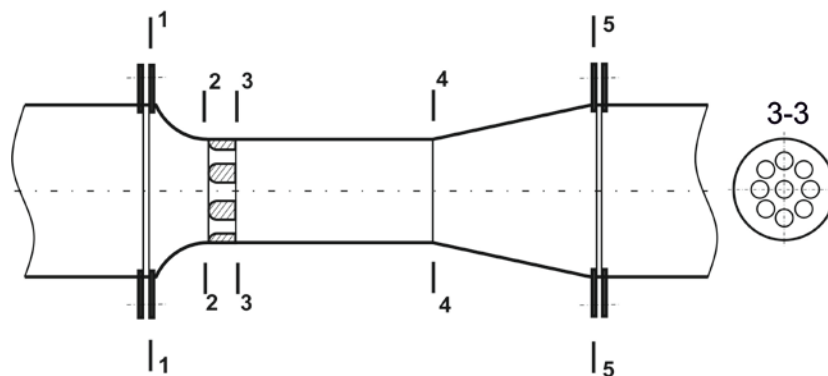


Рис.1. Принципиальная схема струйного смесителя

Эффективным способом совершенствования процесса смешения и повышения степени дисперсности смеси является генерация гидродинамической кавитации в проточной части аппарата [1]. Очаги кавитации целесообразно формировать в струйном пограничном слое за срезом сопла [2]. Расчёт и проектирование струйного кавитационного смесителя основаны на математической модели, записанной в одномерной постановке [3], которая выражает взаимосвязь рабочих и конструктивных параметров в виде безразмерной характеристики. С помощью одномерной модели струйного смесителя затруднительно определить характер течения жидкости, неравномерность распределения скорости и давления в сечениях аппарата. В рамках детального анализа гидродинамики рабочего процесса аппарата целесообразно применить численное моделирование в современном программном обеспечении.

Проведено численное моделирование течения жидкости в проточной части струйного смесителя с многоструйным соплом в программном пакете ANSYS Fluent. Математическое описание рабочего процесса смесителя в трёхмерной постановке основано на решении системы

дифференциальных уравнений, состоящих из уравнений неразрывности, импульса потока. Система уравнений дополнена выражениями модели турбулентности $k-\epsilon$, а также течения двухфазного потока и модели кавитационного массопереноса Zwart-Gerber-Belamri [4].

Валидация результатов численного моделирования выполнена с данными физического эксперимента в виде сопоставления характеристик, выраженных осреднёнными значениями давления в выходном сечении сопла p_3 при различных значениях противодавления p_5 . Полученные результаты удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными в пределах отклонений не более 10%. Поэтому составленная расчётная модель в программе Fluent достаточно достоверно описывает рабочий процесс струйного смесителя в нормальном и кавитационном режимах.

Численным моделированием проведены детальные расчёты рабочего процесса струйного смесителя с многоструйным соплом для дальнейшего изучения влияния формы проточной части на энергетические и кавитационные характеристики аппарата с целью повышения его энергоэффективности.

Список литературы

1. Промтов М.А. Перспективы применения кавитационных технологий для интенсификации химико-технологических процессов // Вестник ТГТУ. 2008. Том 14. № 4. С. 861-869.
2. Спиридонов Е.К., Пантюхин А.А. Экспериментальные исследования рабочего процесса кавитационного смесителя // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. 2007. №27. Т. 97. С. 89-97.
3. Spiridonov E.K. Characteristics and Calculation of Cavitation Mixers // Procedia Engineering. International Conference on Industrial Engineering. 2015. № 129. С. 446-450. doi: 10.1016/j.proeng.2015.12.148
4. ANSYS Workbench documentation, Release 2020R1, Help System, Fluent, Theory Guide.

Сведения об авторе

Битюцких С.Ю., кандидат технических наук, доцент. Область научных интересов: гидродинамика струйных и двухфазных течений, кавитация, вычислительная гидродинамика.

RESEARCH OF FLUID DYNAMICS OF A JET MIXER

Bityutskikh S.Yu.

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia, bityutckikhsi@susu.ru

Keywords: jet mixer, fluid dynamics modeling, cavitation, characteristic.

An effective method to improve the mixing process is the formation of cavitation in a jet mixer downstream of the nozzle. The hydrodynamics of the jet cavitation mixer were studied using numerical modeling in ANSYS Fluent. Validation of the modeling results showed satisfactory agreement with experimental data. The modeling results allow for the examination of the influence of the flow path shape on the characteristics of the device to enhance its energy efficiency.