

В статье рассматриваются трубчатые смесители цилиндрического и диффузор - конфузорного типа, некоторые результаты которых изложены в [1,2,3,4]. В смеситель поступают два жидких компонента: первый через входное отверстие слева, второй – через струйную форсунку, расположенную ортогонально к оси аппарата на расстоянии L_f от точки сопряжения малого цилиндра и диффузора. Диаметр форсунки $d_f = 2r_f$. Будем отмечать величины, относящиеся к входному сечению первого и второго компонентов индексами «1» и «2» соответственно. Основной характеристикой турбулентности, используемой при проектировании таких аппаратов, является удельная скорость диссипации кинетической энергии турбулентности ε (m^2/c^3). Величина её определяется затратами энергии турбулентных пульсаций на осуществление смешения компонентов. Далее приводятся результаты исследования зависимости ε от различных наиболее существенных факторов. Рис. 1 - Схема трубчатого смесителя цилиндрического типа. При проектировании смесителя, как и аппаратов другого назначения, обычно задаётся соотношение расходов компонентов – массовое (m_2/m_1) или объёмное (v_2/v_1). Поэтому при исследовании характеристик смешения разумно считать их постоянными. Тогда изменяемыми параметрами могут быть: - геометрические размеры форсуночного устройства – относительный радиус или диаметр форсунки r_f / r , расположение по отношению к диффузору L_f , угол наклона оси форсунки к оси аппарата, длина подводящего патрубка форсунки; размер радиуса входного сечения для первого (основного) компонента; - отношение плотностей тока $= (\rho_2)^2 / (\rho_1)$; плотность компонентов; молекулярная вязкость компонентов (зависящая от их температуры). Как видно, число воздействующих факторов велико. Поэтому надо выбрать лишь основные из них, которые могут наиболее существенно влиять на параметры турбулентности. Влияние L_f уже установлено в [1]. Ось форсунки, как правило, располагается под прямым углом к оси аппарата, что для смесителей наиболее эффективно. При заданном расходе плотность тока и радиус отверстия форсунки связаны между собой: $\rho_2 (r_f)^2 = \pi$. Поэтому задание одной из них достаточно. При постоянной площади поперечного сечения форсунки $A_2 = \text{const}$ увеличение скорости u_2 равносильно увеличению расхода через аппарат. Если относить ε к единице объёмного расхода [m^3/s], а в качестве аргумента использовать относительную плотность потока $(\rho_2)^2 / (\rho_1)$, то зависимость скорости диссипации энергии турбулентности в расчёте на расход смеси, равный одному кубическому метру в секунду, приобретает вид, показанный на рис.2. Рис. 2 - Зависимость удельной скорости диссипации, отнесённой к объёмному расходу смеси, от относительной плотности потока при изменении относительного радиуса отверстия форсунки. Если в качестве зависимой переменной использовать значение ε , то все точки группируются около кривой, которая показана на рис.3. Ошибка в оценке ε по этому графику не превышает 15% и вполне допустима для использования в предварительном проектировании. Из рисунка видно, что наилучшим следует

считать ввод второго компонента через форсунку возможно большего диаметра, обеспечивая при этом наибольшее отношение . Заметим, что все эксперименты проведены для единичной форсунки и канала с относительным радиусом $R/r=1.6$ и углом раскрытия диффузора 45° , которые по результатам исследования [2,3] являются оптимальными. При отношении плотностей тока более четырёх, в ряде случаев, при вычислениях в рамках принятой модели турбулентности (($k - \epsilon$) – RNG модель) сходимости получить не удавалось. Это можно объяснить тем, что струя второго компонента достигает противоположной стенки канала. В условиях присоединения потока все ныне используемые модели турбулентности не работоспособны, что и отмечалось в статье Ментера [5]. Все изложенные выше результаты были получены для аппарата с радиусом входного сечения, равным $r = 0.01$ м. Большую практическую значимость имеют результаты, которые относятся к выбору размеров аппарата (масштаб). При заданном объёмном расходе компонентов смешение может быть реализовано в одном аппарате большого Рис. 3 - Зависимость удельной скорости диссипации от отношения плотностей тока компонентов () Рис. 4 - Изменение ϵ в зависимости от относительной плотности потока второго компонента и величины радиуса входного сечения для первого (основного) компонента размера или же в нескольких аппаратах меньшего размера, работающих параллельно. Поэтому необходимо ставить задачу о влиянии размеров на гидродинамические параметры потока. В работах А. Г. Мухаметзяновой такого характера результаты приведены. Однако они получены: а) по результатам 2D моделирования, что вызывает очевидные вопросы; б) в качестве аргумента использована абсолютная скорость первого компонента на входе в аппарат, что также вызывает ряд вопросов, например, о влиянии отношения скоростей компонентов, о способе организации подвода второго компонента и т. п. В связи с этим, в данной работе была поставлена и решена задача о влиянии масштаба на гидродинамические параметры. Некоторые результаты, показывающие влияние масштаба аппарата на удельную скорость диссипации ϵ , приведены на рис.4. Полученные результаты хорошо согласуются с данными упомянутых работ А. Г. Мухаметзяновой. На основании результатов, показанных на рисунке, можно сделать вывод о том, что для организации смешения компонентов применение малоразмерных аппаратов и их систем вместо трубчатых аппаратов больших размеров является более выгодным.