

Показатели очистки сточных вод пищевой, пивоваренной, ликероводочной и родственных отраслей промышленности с использованием высокоинтенсивных анаэробных реакторов

Стоки	Тип анаэробного реактора	Показатели работы			
		Содержание загрязнений по ХПК, кг/м ³	Нагрузка по ХПК, кг/(м ³ ·сут.)	Время пребывания стоков, сут.	Степень удаления загрязнений по ХПК, %
Барда и сточная вода спиртового и ликероводочного производства	UASB	35-100	24	-	75
Стоки пивоваренного предприятия	UASB	1,1-7,5	1,5-10,5	0,5-1	47-91
	Гибридный	2,0-2,9	1,0-1,6	1,7-2	82-92
Стоки дрожжевого производства	UASB	18-22	3,7-10,3	2,1-4,9	60,5-66,8
	Гибридный	18	9	2	78
Стоки производства безалкогольных напитков	UASB	1-31	0,5-16,5	0,5-13	50-88
	Гибридный	1-31	0,5-13	0,5-23	60-88
Стоки молокозаводов	UASB	2	1,2	1,7	95
Подсырная сыворотка	UASB	до 77	6,5-28,5		90-95
	Гибридный	0,1-14	0,5-10		75-98
Стоки крахмалопаточного производства	UASB	3-20	2-17	1-5	77-93

В условиях России проблемами анаэробной очистки пока еще остаются инициирование процесса брожения засевным илом, транспортировка больших масс засевного ила без потери его качеств и медленное нарастание массы гранул в реакторе, вводимом в эксплуатацию. Кроме того, ил должен быть адаптирован к спектру загрязнений стоков и содержать все необходимые группы микроорганизмов для обеспечения метаногенеза. В случае очистки сточных вод на предприятии с профилем выпускаемой продукции иным, чем для предприятия, с которого отбирается ил, проблема инокулирования реактора анаэробным илом может стать серьезной.

Данный метод очистки сточных вод с применением современных биореакторов получает все большее распространение на территории Российской Федерации. Использование подобных технологических процессов позволяет получать очищенную воду высокого качества, которая повторно используется в производстве. Таким образом, значительно сокращается потребление свежей воды промышленным предприятием, при этом решается актуальнейшая проблема нехватки технической воды высокого качества.

Библиографический список

1. Загорский В.А., Данилович Д.А., Козлов М.Н. и др. Анализ промышленного применения технологий удаления фосфора из городских сточных вод. //Водоснабжение и санитарная техника. 2004. № 5.
2. Богатеев И.А., Керин А.С., Сахно А.П. и др. Разработка, проектирование и реализация систем обработки осадков сточных вод. //Водоснабжение и санитарная техника. 2009. № 1.
3. Отведение и очистка сточных вод Санкт-Петербурга. Кол. авторов. С.-Петербург: Стройиздат СПб. 1999. — 424 с.:ил.
4. Кузнецов Е.А., Градова Н.Б., Лушников С.В., Энгельхарт М.В., Вайсер Т.А., Чеботаева М.В. Прикладная экобиотехнология. Т. 1.

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ СОПЛОВОГО АППАРАТА ВИХРЕВОЙ ТРУБЫ РАНКА-ХИЛША

А.С. НОСКОВ, А.В. ХАИТ, С.Ю. ПЛЕШКОВ, студ. А.Ю. ПОСТНИКОВА

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

А.В. ЛОВЦОВ

ООО «КБ «ЧКЗ-ЮГСОН»

Во многих современных инженерных системах встречаются пароконденционные холодильно-нагревательные аппараты. Работа таких аппаратов основывается на теплоэнергетических циклах хладагентов. В качестве хладагентов практически всегда выступают фреон

и аммиак. Утечки этих веществ наносят существенный урон экологии планеты и здоровью человека. Нормируемая утечка фреона достигает нескольких процентов, а в некоторых случаях – десятков процентов в год. Учитывая большое количество используемых повсеместно холодильных установок, нетрудно представить, что суммарные выбросы фреона в атмосферу составляют сотни и тысячи тонн в год.

Одним из альтернативных способов получения холода является эффект Ранка-Хилша. Конструктивные особенности, энергоэффективность и экономическая целесообразность применения вихревой трубы Ранка-Хилша как системы искусственного климата рассмотрена авторами в работе [1].

Недостатком существующих на сегодняшний день конструкций вихревых труб является относительно низкий изоэнтропный КПД, который определяется отношением разностей энтальпий в идеальном и реальном процессе течения газа:

$$\eta = \frac{i_1 - i_2}{i_1 - i_2''},$$

где i_1, i_2 – энтальпии газа на входе и выходе из соплового ввода в реальном процессе течения; i_2'' – энтальпия газа в конце идеального адиабатического расширения газа.

Для наилучших конструкций вихревых труб, широко описанных в литературе, данный показатель не превышает отметки в 40 %. Однако в работах [2], [3] приводятся данные экспериментальных исследований, показывающие принципиальную возможность увеличения изоэнтропного КПД вихревых труб до уровня 45-50 %. Автор статьи [4] упоминает о разработках вихревых труб, которые имеют показатель изоэнтропного КПД на уровне 70-80 %. Следует отметить, что применяемые сегодня конструктивные решения вихревых труб не являются оптимальными, поскольку были получены путем проведения ограниченного количества натуральных экспериментов.

Одним из наиболее ответственных конструктивных элементов вихревой трубы является сопловой аппарат, который должен создавать расчетное поле скоростей на входе в камеру энергоразделения. С целью оптимизации конструкции соплового аппарата вихревой трубы Ранка-Хилша авторами проведена работа, направленная на минимизацию потерь энергии газового потока, протекающего через сопловой аппарат. Основным методом оптимизации геометрии соплового аппарата было численное моделирование в среде ANSYS CFX.

Конечно-элементная расчетная сетка для исходного варианта конструкции соплового аппарата представлена на рис. 1. В математическую модель течения воздуха была включена полная система нелинейных уравнений Рейнольдса [5], а также уравнения k - ϵ модели турбулентности [6].

Свойства воздуха задавались уравнением состояния идеального газа. В качестве граничных были заданы следующие условия: избыточное давление на входе $P = 700$ кПа, температура $T = 300$ К, интенсивность турбулентности $I = 5$ %. Абсолютное давление на выходе: $P = 105$ Па (атмосферное).

По результатам расчета были построены линии тока в проточной части данного соплового ввода (рис. 2). Хорошо виден вихрь, образовавшийся на входе в сопловой канал.

Очевидно, что его образование связано с обтеканием острой кромки у одной из ограничивающих поверхностей на входе в сопло. Образование подобных вихрей непосредственно связано с увеличением потерь энергии, а в некоторых случаях даже приводит к перестройке структуры потока.

С целью устранения образования описанного вихревого тока было выполнено закругление острой кромки на входе в сопловой канал, после чего линии тока в сопловом аппарате приняли совершенно иной вид (рис. 3). Видно, что вихревое течение полностью исчезло.



Рис. 1. Конечно-элементная сетка для соплового ввода

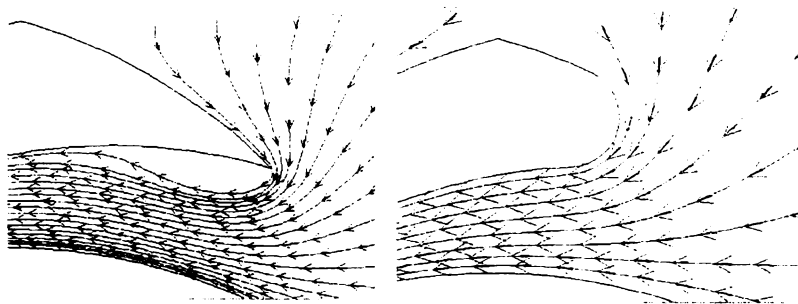


Рис. 2. Линии тока в исходной конструкции соплового аппарата

а

Рис. 3. Линии тока в сопловом вводе после закругления входной кромки

б



Рис. 4. Конструкция соплового аппарата: а – исходная конструкция соплового аппарата, $\alpha = 14^\circ$; б – усовершенствованная конструкция соплового аппарата, $\alpha = 3^\circ$, где α – угол соударения дозвукового и сверхзвукового потоков воздуха

Для того, чтобы свети к минимуму потери энергии, связанные с образованием скачков уплотнения, необходимо обеспечить как можно более плавное соединение сверхзвукового и дозвукового потоков.

На рис. 4,б представлена конструкция соплового аппарата, позволяющая уменьшить угол соударения потоков до $\alpha = 3^\circ$.

В результате внесения всех вышеизложенных изменений в конструкцию соплового аппарата удалось снизить расчетные потери энергии с 14,4 % до 6,5 %. С учетом того, что способ создания вихревого течения газа значительно влияет на процесс энергоразделения, можно прогнозировать соответствующее увеличение

изоэнтропного КПД вихревой трубы в целом.

Приведенные результаты расчета показывают потенциальную возможность увеличения изоэнтропного КПД вихревой трубы только за счет устройства формирования вихревого течения - соплового аппарата, что в свою очередь приведет к соответствующему улучшению энергетических показателей и расширению области конкурентоспособного применения вихревых труб.

Библиографический список

1. Носков А.С., Хаит А.В., Бутымова А.П., Плешков С.Ю., Ловцов А.В. Энергоэффективность и экономическая целесообразность применения систем искусственного климата на базе вихревой трубы //Инженерно-строительный журнал. 2011, № 1(19). С. 17-23.
2. Пиралишвили Ш.А., Поляев В.М., Сергеев М.Н. Вихревой эффект. Эксперимент, теория, технические решения / Под ред. А.И. Леонтьева. - М.: УНПЦ "Энергомаш", 2000. - 414 с. - Библиогр.: с. 400-412.
3. Меркулов А.П. Вихревой эффект и его применение в технике. - М.: Машиностроение, 1969. -184 с.
4. Азаров А. И. Вихревые трубы нового поколения // Конструктор. Машиностроитель. 2007, № 3. С.18-24.
5. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа: учеб. для вузов. - 7-е изд., испр. -М.: Дрофа, 2003. - 440 с.
6. Белов И.А., Исаев С.А. Моделирование турбулентных течений: учеб. пособие. - СПб.: Балт. гос. техн. ун-т, 2001. -108 с.

РАСЧЕТ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО ПОТОКА В ЗАКРУЧИВАЮЩЕМ СОПЛОВИМ АППАРАТЕ

А.С. НОСКОВ, А.В. ХАИТ, студ. А.А. ЛАПТЕВ, А.Ю. ПОСТНИКОВА

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина»

Закрученные потоки жидкости начали привлекать внимание исследователей с начала XX века. Многочисленные и достаточно разнообразные практические приложения закрученных потоков, сложность их аналитического описания объясняют значительный интерес к ним. Этот интерес вызван также еще и тем, что закрутку потока вследствие комплекса свойств используют в различных тепло- и массообменных процессах. Примером могут по-