

УДК 621.175

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СМЕШЕНИЯ
ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ В ВИХРЕВОМ
УСТРОЙСТВЕ****SIMULATION OF COOLANT MIXING IN THE
VORTEX DEVICE**

Безбородов Кирилл Алексеевич, магистрант каф. «Теплоэнергетика и теплотехника», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: bez-be@mail.ru, Тел.: +7(912)628-35-88

Колпаков Александр Сергеевич, д-р. техн. наук, профессор каф. «Теплоэнергетика и теплотехника», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: kolpakov@at.urfu.ru. Тел.: 8(343)375-45-67

Kirill A. Bezborodov, Master student, Department «Теплоэнергетика и теплотехника», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: bez-be@mail.ru. Ph.: +7(912)628-35-88

Alexander S. Kolpakov, Doctor Sc., Prof., Department «Теплоэнергетика и теплотехника», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira str., 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: kolpakov@at.urfu.ru. Ph.: +7(999)765-43-21

Аннотация: Настоящая работа посвящена исследованию процесса взаимодействия потоков теплоносителей при смешении в циклонно-вихревых агрегатах, в частности в вихревом смесителе, с целью применения результатов моделирования для проектирования вихревых конденсаторов.

Abstract: The present work is devoted to research of process of interaction of streams of coolant when mixed in a cyclone-vortex assemblies, in particular in a vortex mixer, with the aim of applying the results of simulation for the design of vortex capacitors.

Ключевые слова: вихревой поток; исследование численным методом вихревого смесителя; температурное поле смесителя.

Key words: vortex flow; study numerically the vortex mixer; temperature field mixer.

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия развитие техники происходит в направлении повышения энергоэффективности технологических устройств, главной характеристикой которых должны быть высокие удельные показатели работы во всем диапазоне требуемых эксплуатационных режимов. Их создание невозможно без наличия технологических устройств, главной характеристикой которых должны быть высокие удельные показатели работы. С одной стороны, это позволяет добиться высокой производительности с помощью аппарата меньших размеров, что дает как прямое снижение энергозатрат, так и улучшение массо-габаритных характеристик, а, следовательно, экономию материалов и энергии при производстве аппарата. С другой стороны, повышение удельной эффективности работы агрегатов выгодно с точки зрения снижения эксплуатационных затрат.

Во многих отраслях промышленности широко распространен такой класс технологических устройств как теплообменники смешивающего типа.

Для теплообменных аппаратов повышение удельной эффективности работы не может быть достигнуто за счет увеличения быстроходности, как для движущихся механизмов. Поэтому для увеличения производительности необходима разработка принципиально новых конструкций. Из существующих аппаратов максимальную удельную эффективность имеют устройства с активными гидрогазодинамическими режимами - циклонные и вихревые [13,14,16].

Анализ [1,17,18] их использования на предприятиях страны показал, что по производственным характеристикам они заметно превосходят устройства других типов аналогичного назначения.

Важной особенностью циклонно-вихревых устройств является зависимость эффективности их работы от конструкции и режима эксплуатации [2,7]. Удачно сконструированный вихревой аппарат, работающий в оптимальных режимах, обеспечивает высокую эффективность процесса, увеличивает полноту его протекания, позволяет экономить ресурсы и понижает количество отходов, тем самым дополнительно обеспечивая как прямую, так и косвенную защиту окружающей среды.

По этой причине важным условием использования вихревых устройств является определение оптимальных конструктивных и режимных характеристик работы аппаратов. Это невозможно без комплексного изучения проходящих там сложных гидро-газодинамических и тепло-массообменных процессов с помощью компьютерного моделирования, открывающего возможность анализа расчетной модели аппарата и разработки рекомендаций по дальнейшему усовершенствованию его конструкции.[8,9,10].

Настоящая работа посвящена исследованию закрученных потоков при смешении в циклонно-вихревом аппарате - вихревом смесителе, с целью последующей трансформации модели для ее применения при анализе работы вихревого конденсатора.

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ АНАЛИЗА

К устройствам, в которых формируется вихревое движение среды, относятся центробежные, циклонные, циклонно-вихревые и вихревые камеры, вихревые трубы, циклоны и гидроциклоны, вихревые сепараторы, вихревые топки и камеры сгорания и т.д. Общим для них является наличие рабочего участка (как правило, цилиндрической или конической формы) и завихрителей потока.

Накопленные данные отечественных и зарубежных исследователей, базирующиеся, главным образом, на эмпирических расчётах вихревых устройств, недостаточны для прогнозирования и управления режимами работы объектов, решающих специфические задачи, например, вихревых конденсаторов.

В данной работе за основу была взята геометрия самого распространенного центробежного устройства - вихревого смесителя. Конструкция была выбрана исходя из перспективной цели исследования – моделирования вихревого конденсатора, т.к. она может быть адаптирована для описания его работы. Модель состоит корпуса, двух подводящих патрубков для тангенциального ввода горячего и холодного теплоносителей, а также отводящего патрубка.

Целью исследования является определение параметров потоков смешивающихся сред - полей скоростей и температур в упрощенной геометрической модели вихревого устройства. Геометрия объекта показана на рис. 1.1- 1.2.

После построения модели были заданы параметры смешивающихся теплоносителей, начальные и граничные условия. Турбулентность моделировалась с помощью широко применяемой при решении прикладных задач k-ε модели турбулентности и теплообмена с использованием модели тепловой энергии. Модель тепловой энергии адаптирована к анализу потоков с низкими скоростями, которые характерны для устройств смешивающего типа.

Параметры задачи: Количество расчетных ячеек составило 55352. Модель турбулентности – k-ε. Течение рассчитывалось с учетом действия силы тяжести. Использовалась модель однофазного течения с непрерывным распределением среды в объеме устройства.

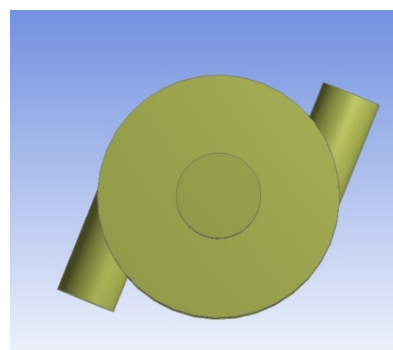


Рис. 1.1.

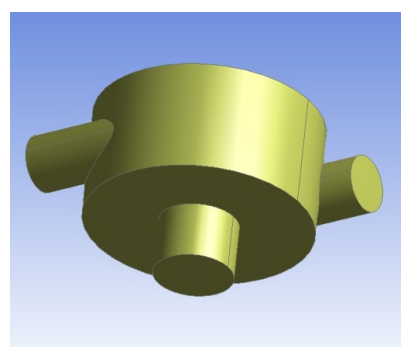


Рис. 1.2.

В задаче учитывались: турбулентный характер течения, конвективный теплообмен, кавитационный массоперенос. Вход горячего теплоносителя: скорость подачи: 10 м/с; температура 350К. Вход холодного теплоносителя: скорость подачи: 5 м/с; температура 285К.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Для исследования данного объекта численным методом был выбран пакет программы ANSYS R-15 "Fluid Flow (CFX)". Данный пакет позволяет проанализировать траектории движения теплоносителей, их распределение по сечению и высоте теплообменника. Также возможно построение полей скоростей, давлений и температур объектов смешения и конденсации.

На начальном этапе исследования рассматривалось взаимодействие неконденсирующихся сред при вихревом движении в закрученном потоке. Смоделированная установка предназначена для эффективного подмеса в горячий теплоноситель холодного теплоносителя и может быть использована, например, в ИТП зданий различного назначения, а также в технологических схемах водоочистных сооружений. [7,8]

Горячая вода при вихревом смешении отдает тепло холодной, чем достигается нужная температура теплоносителя, выходящего из нижнего патрубка. Регулируя подачу теплоносителей, можно реализовать изменение температуры в соответствии с графиком.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Расчеты в пакете программы ANSYS позволили визуализировать изменение параметров смешиваемых сред в объеме вихревого устройства (Рис. 2.1 - 2.3).

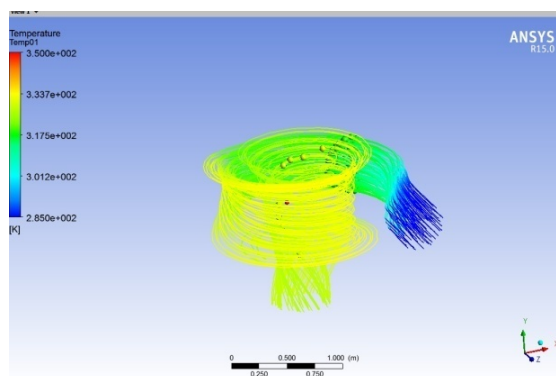


Рис. 2.1

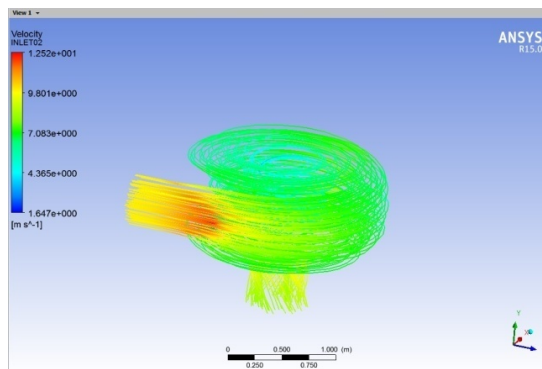


Рис. 2.2.

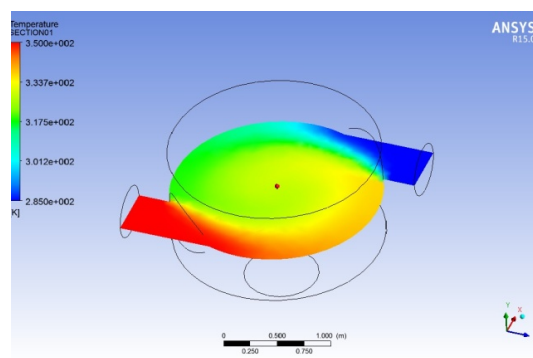


Рис 2.3.

В результате расчета были получены профили скоростей и температур теплоносителей во всех точках расчетной области. Сопоставление результатов расчета с экспериментальными данными по определению гидравлического сопротивления, оказываемого потоку жидкости устройством, а также исследованиями структуры потоков, как функции распределения времени пребывания, показало удовлетворительное совпадение. Это позволяет сделать вывод о применимости численного моделирования при анализе работы вихревого устройства.

При анализе структуры закрученных потоков можно увидеть, как меняется скорость и температура каждого теплоносителя в процессе смешивания и распределение температуры внутри кожуха аппарата.

Красная область - температура 350K, синяя область - температура 285K. Температура на выходе из центробежного смесителя соответствует заданному значению 310K, что показывает работоспособность выбранной конструкции.

Результатом данного эксперимента является то, что мы можем наблюдать, созданную модель вихревого течения. Данная компьютерная модель подтверждает появление вихревого потока при заданной конфигурации. Опираясь на полученные

данные, можно поставить следующую цель исследования: изучить возможность применения данной модели для анализа работы вихревого конденсатора [3,5].

Таким образом, применение программы ANSYS позволяет создавать гидродинамические модели статического центробежного смесителя, получать полную информацию о протекающих процессах и усовершенствовать смеситель, изменяя конструктивные и технологические параметры. Это, в свою очередь, позволяет существенно сократить время на проектирование объем дорогостоящих физических экспериментов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алексеенко С.В., Окулов В.Л., Закрученные потоки в технических приложениях (обзор) // Теплофизика и аэромеханика. - 1996.
2. Алексеенко С.В., Куйбин П.А., Окулов В.Л. Введение в теорию концентрированных вихрей. Новосибирск: Институт теплофизики СО РАН.
3. Берго Б.Г. и др. Исследование вихревого сепаратора в составе природного газа // Вихревой эффект и его промышленное применение: Мат-лы II Всесоюз. науч.-техн. конф. — Куйбышев, 1976. — С. 146-154.
4. Берман Л.Д. Сопротивление на границе раздела фаз при пленочной конденсации пара низкого давления // Труды ВНИИХнмаш. — Вып. 36. — М.: 1961.-С. 66-89.
5. Бойко Л.Д., Кружнлин Г.Н. Теплоотдача при конденсации пара в трубе // Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт. - 1966. -№ 5. - С. 113
6. Борисенко А.И. и др. Техничко-экономическое исследование вихревого и вентиляторного охлаждения тиристорного преобразователя // Некоторые вопросы исследования вихревого эффекта и его промышленного применения: Труды I науч.-техн. конф. — Куйбышев, 1974. — С.160-161.
7. Бояршинов Б.В., Терехов В.И. О соотношении тепловых потоков на поверхности при наличии фазового перехода // Изв. СО АН СССР. — 1986. — № 4. Серия тех. наук: Вып. 1. -С.25-31.
8. Бреев И.М. Применение вихревых генераторов холода в авторефрижераторах ' Холодильная техника. — 1992. — № 7-8. — С. 11-12.
9. Буглаев В.Т., Казаков В.С. Теплоотдача при поперечном обтекании труб насыщенным воздухом // Изв. вузов. Энергетика. — 1971. — № 4. — С. 79-83.
10. Будов В.М., Кирьянов В.А., Шемагин И.А. О волнах поверхности конденсатного ручья внутри горизонтальных труб // Изв. вузов СССР. Энергетика. - 1986. -№ 7. - С. 69-74.
11. Бурдуков А.П. и др. Теплообмен к тонкой пленке жидкости в восходящем закрученном потоке // Теплофизика и аэромеханика. — 1996. —Т.3,№1.-С.15-20.
12. Елизарова Т. Г. Математические модели и численные методы в динамике жидкости и газа. М.: Физ. фак. МГУ, 2005. С. 122-130.
13. Жолобова Г.Н. Теоретические основы движения жидкости в вихревых устройствах / Г.Н. Жолобова, Е.М. Хисаева, А.А. Сулейманов, В.Ф. Галиакбаров // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2010.
14. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа/ Л. Г. Лойцянский. Учебник для вузов.-7-е изд., испр.- М.: Дрофа, 2003. -840 с.
15. Ляндзберг А.Р., Латкин А.С. Вихревые теплообменники и конденсация в закрученном потоке. Петр.- Камчатский , 2004.
16. Победря Б. Е. Курс лекций: Основы механики сплошной среды / Б. Е. Победря, Д. В. Георгиевский.- М.: Физматлит, 2006. С. 62-70.
17. Попов И.А. Исследование гидродинамики в аппаратах со встречными закрученными потоками, предназначенных для сушки волокнообразующих материалов: Дис.канд.техн. наук. — М., МТИ. 1979. — 242 с.
18. Процессы и аппараты химической промышленности: Учеб. для техникумов / П.Г. Романов, М.И. Курочкина, Ю.Я. Мозжерин и др. —Л.:Химия.1989.-560с.
19. Пурцеладзе О.Г. Экспериментальное исследование процессов тепло- и массообмена при конденсации водяного пара из влажного воздуха // Труды Грузинск. политехи, ин-та. — Тбилиси, 1968. — С. 101-107.
20. Райский Ю.Д., Тункель Л. Е. Применение вихревых труб в газовой промышленности // Некоторые вопросы исследования вихревого эффекта и его промышленного применения: Труды I науч.-техн. коиф. — Куйбышев, 1974 — С.120-126.
21. Рачко В.А. Влияние содержания воздуха на теплоотдачу при конденсации пара // Энергомашиностроение. — 1965. — № 8. — С. 17-20.