

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В настоящее время остро стоит проблема техногенных выбросов в атмосферу парниковых газов (метана, закиси азота, диоксида углерода), основная доля которых приходится на CO_2 , что может послужить причиной серьезных изменений климата. Темпы прироста концентрации диоксида углерода в атмосфере в последнее время увеличиваются в геометрической прогрессии. Основным источником техногенного поступления диоксида углерода в атмосферу являются дымовые газы, образующиеся при сжигании топлива в промышленном производстве. Основным путем решения проблемы является улавливание диоксида углерода из дымовых и промышленных газов с последующей его переработкой или захоронением.

Существует широкий диапазон способов эффективного выделения CO_2 из дымовых газов, но учитывая их значительные объемы, наиболее выгодным является использование аминной очистки. В связи с этим, в подавляющем большинстве существующих в России и за рубежом установок улавливания CO_2 применяется хемосорбция его из газов этаноламинами (в большинстве случаев моноэтаноламином). В качестве абсорберов, как правило, применяется традиционное оборудование барботажного и насадочного типов. Однако такое абсорбционное оборудование допускает устойчивую работу только при низких скоростях газовой фазы, обычно не превышающих 2 – 2,5 м/с, что при очистке больших объемов дымовых газов обуславливает либо большие габаритные размеры аппаратов, сложность их монтажа и транспортировки, снижение эффективности из-за неравномерности распределения фаз в их поперечном сечении, либо приводит к необходимости использования большого количества параллельно работающих аппаратов.

Указанных проблем можно избежать при использовании полых аппаратов вихревого типа, которые устойчиво работают при скоростях газа до 30 м/с, имеют малые габаритные размеры. Аппараты такого типа могут быть применены также для охлаждения газов перед очисткой. Однако их применение для поглощения диоксида углерода из газов и охлаждения последних сдерживается отсутствием надежных научно-обоснованных методик расчета.

Работа выполнялась в рамках гранта РФФИ "Исследование и моделирование гидродинамики и теплообмена в двухфазных и газожидкостных закрученных потоках" (проект № 05-08-50125, 2005-2007 гг.) и государственного контракта № 02.516.11.6040 "Разработка технологических способов выделения CO_2 из генераторного газа газификационных установок, предназначенных для энерготехнологической переработки угля, с применением прямоточных аппаратов вихревого типа с последующей утилизацией или захоронением" в рамках федеральной целевой программы "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2012 годы".

Цель работы и основные задачи исследования. Цель работы заключалась в теоретическом и экспериментальном исследовании процессов тепло- и массообмена в полых вихревых аппаратах при поглощении диоксида углерода из дымовых газов и охлаждении газов перед очисткой, а также создании на их основе научно-обоснованных методов расчета вихревых охладителей и абсорберов.

В непосредственные задачи исследования входило:

- Разработка математического описания массообмена в полном вихревом абсор-

бере при поглощении диоксида углерода из дымовых газов;

- Численное и экспериментальное исследования процесса поглощения диоксида углерода из дымовых газов в полном вихревом абсорбере;
- Разработка математического описания тепло- и массообмена в полном вихревом аппарате при охлаждении высокотемпературных газов;
- Численное исследование процесса охлаждения высокотемпературных газов в полном вихревом аппарате;
- Разработка принципиальной технологической схемы выделения диоксида углерода из дымовых газов с применением оборудования вихревого типа и выявление направлений использования выделенного углекислого газа.

Научная новизна работы. Разработано математическое описание процессов тепло- и массообмена при поглощении диоксида углерода водным раствором моноэтаноламина и охлаждении высокотемпературных дымовых газов в полых вихревых аппаратах. В результате численных исследований определены зависимости эффективности вихревых абсорбера и охладителя от технологических и конструктивных параметров. В результате проведенных численных расчетов движения испаряющихся капель в закрученном потоке газа получены данные о траекториях, скоростях и степенях испарения капель различного диаметра в полых вихревых аппаратах. Экспериментальным путем определены закономерности поглощения CO_2 водным раствором моноэтаноламина в вихревых аппаратах при изменении начальных содержаний диоксида углерода в газовой и жидкой фазах при различных степенях орошения.

Достоверность полученных результатов диссертации подтверждается использованием фундаментальных законов гидродинамики, тепло- и массообмена и общепринятых методов экспериментального исследования, а также хорошим совпадением полученных в работе расчетных и экспериментальных данных.

Практическое значение работы. Обоснована целесообразность использования полых вихревых аппаратов для поглощения диоксида углерода методом хемосорбции из дымовых газов и охлаждении газов при подготовке их к очистке. Предложена схема выделения CO_2 из дымовых газов с применением полых вихревых аппаратов. Получен патент на полезную модель аппарата для контактирования сред. Пакет прикладных программ расчета процессов хемосорбции и охлаждения газов путем контакта их с распыленной жидкостью в полых вихревых аппаратах принят к внедрению ОАО «Волжский научно-исследовательский институт углеводородного сырья» (ВНИИУС).

На защиту выносятся:

- Математические описания процессов поглощения диоксида углерода из дымовых газов и охлаждения высокотемпературных газов в полном вихревом аппарате;
- Результаты численного исследования эффективности полого вихревого аппарата при поглощении диоксида углерода из дымовых газов и охлаждении высокотемпературных газов;
- Результаты экспериментального исследования эффективности полого вихревого аппарата при поглощении диоксида углерода из газовой смеси.

Личное участие. Все результаты работы получены лично автором под руководством д.т.н., профессора Николаева А.Н.