

Проект РНФ 18-79-10136-П

Теоретические методы моделирования и разработки энергоэффективных импортозамещающих аппаратов очистки и глубокой переработки углеводородного сырья на предприятиях топливно-энергетического комплекса

(2021-2023 гг.)

Итоги 2 года

В проекте решен ряд актуальных научно-исследовательских и научно-технических задач с применением и развитием методов математического моделирования и экспериментальных исследований.

На основе приближенного метода математического моделирования переноса импульса и теплоты в теплообменных аппаратах с поверхностными интенсификаторами получены выражения средних коэффициентов трения и теплоотдачи. Представлены результаты расчетов и сравнения с известными экспериментальными данными. Разработаны способы интенсификации явлений переноса в средах с повышенной вязкостью для увеличения эффективности теплообменников с применением насадок «Инжехим» и значительного снижения их массогабаритных характеристик. Насадки обеспечивают переход от ламинарного режима к турбулентному в трубе при числах Рейнольдса более 50-150 и значительное повышение α (в 15-20 раз). Даны выражения для числа Нуссельта. За счет объемного интенсификатора поверхность теплопередачи снижается до 17 раз. Представлены результаты численного решения уравнения теплопереноса и сравнение полученных температурных профилей с экспериментальными данными.

Решена научно-техническая задача расчета пленочных градиент и скрубберов. Получены выражения для чисел Нуссельта и Шервуда для контактных устройств различных конструкций. Даны решения системы уравнений и сравнения профилей температур и влагосодержания по высоте насадки с экспериментальными данными. Сделаны выводы о наиболее эффективных конструкциях насадок по теплогидравлическим характеристикам.

Получен алгоритм расчета режимных и конструктивных характеристик барботажных тарелок охлаждения и очистки газов с применением результатов гидравлических исследований. Даны численное решение системы уравнений по полям температур, влагосодержанию, концентрации частиц и сравнение с экспериментальными данными.

Показано преимущество режима прямого тока при газоочистке при сильном взаимодействии газа с пленкой жидкости в шероховатом канале. Вычислена эффективность осаждения частиц в режимах слабого и сильного взаимодействия

пленки с газовым потоком. Даны рекомендации по режимным и конструктивным параметрам, обеспечивающим эффективность газоочистки 99%.

Экспериментально получены массообменные и гидравлические характеристики пленочной трубчатой насадки в аппарате из полиэтилена с дискретно-шероховатой поверхностью для градилен и скрубберов.

Экспериментально исследован процесс получения тяжелого вакуумного газойля по требованиям масляного производства методом ректификации. Проведена оценка термической стабильности кубового продукта колонны. Выполнены исследования параметров оптимального технологического режима и основных конструктивных характеристик. Использована регулярная сегментная гофрированная насадка «Инжехим» с нанесенной на поверхность шероховатостью. Разработана промышленная колонна, внедренная на нефтегазоперерабатывающем предприятии.

Проведены экспериментальные исследования влияния пульсаций потока на теплообмен в пучке труб. Экспериментально получены закономерности теплообмена в пучке труб при пульсационном режиме течения потока. Максимальная интенсификация теплообмена повышена в 3,23 раза. Численный эксперимент проводился с помощью пакета Ansys Fluent. Проведена оценка уменьшения площади теплообмена маслоохладителя при пульсациях потока.

Экспериментально установлена возможность использования карбонатного шлама водоподготовки ТЭС в качестве сорбционного материала для извлечения анионных синтетических поверхностно-активных веществ из сточных вод промышленных предприятий. Наилучшей адсорбционной способностью обладают гранулы карбонатного шлама с использованием в качестве связующего жидкого натриевого стекла (11,2 мг/г) и парафина (10,79 мг/г). Рассмотрен процесс адсорбционной осушки природного газа разработанным гранулированным материалом на основе шлама химводоочистки Казанской ТЭЦ-1. Показано, что адсорбционная емкость материала по влаге достигает максимального значения 2,4 г/г. Предложена технологическая схема рекуперационной адсорбционной установки осушки природного газа.

Отмечено внедрение научно-технических разработок при очистке природного газа в местах добычи.

Получены экспериментальные результаты по объемному коэффициенту массоотдачи для пленочных аппаратов, которые удовлетворительно согласуются с расчетом по математической модели. Полученные результаты могут использоваться при проектировании насадочных скрубберов и пленочных градилен, а также абсорберов.

Представлена адсорбционная технология очистки концентрата установки обратного осмоса от сульфат- и хлорид-ионов отходами энергетики.

Предложенный сорбционный метод очистки газовых смесей позволяет снизить до минимума антропогенное влияние газовых выбросов на атмосферу путем извлечения из них диоксида азота.

Получены экспериментальные данные по выделению товарного этиленгликоля из 36% водно-гликолевого раствора. Полученный регенерированный этиленгликоль представляет собой прозрачную жидкость с концентрацией 99,54% масс.

Рассмотрена проблема загрязнения сточных вод анионными синтетическими ПАВ, а также возможность использования различных сорбционных материалов в качестве вторичных энергетических ресурсов (ВЭР).

Показана возможность технологической очистки обратноосмотического концентрата промышленного предприятия гранулированным сорбционным материалом. Эффективность очистки более 98%.

Разработаны способы очистки масло- и нефтесодержащих сточных вод. Предлагается использование 2-х ступенчатой технологии очистки: сепарация эмульгированных капель и адсорбционная доочистка.

Получена математическая модель процесса экстракции очистки углеводородных смесей в насадочном экстракторе с тонкослойным отстойником. Внедренные разработанные экстракторы и тонкослойные отстойники обеспечивают высокую эффективность процессов.

Получен приближенный метод моделирования переноса импульса и тепла в каналах с поверхностными интенсификаторами. Использована модель Дайсслера и Ван-Дрифта. Показана адекватность разработанной математической модели.

Решена научно-техническая задача разработки и внедрения на промышленных предприятиях установки выделения тяжелого вакуумного газойля. В результате внедрения разработанных научно-технических решений после промышленной эксплуатационной установки установлено соответствие требованиям технического задания на проектирование.

Получены экспериментальные данные по разделению многокомпонентной смеси ректификацией. В результате установлено согласование эксперимента с данными математического моделирования.

Решена научно-техническая задача по математическому моделированию и модернизации промышленной ректификационной колонны. Внедрение насадки «Инжехим» в модернизированной колонне обеспечило заданное качество разделения смеси.

Численным методом исследован теплообмен в трубе при пульсирующем течении масла. Снижение площади теплообмена маслоохладителя составляет до 9%.

Численным методом исследован теплообмен при пульсациях потока теплоносителя. Эффективный режим интенсификации - 0,5 Гц.

Предложена технология очистки масло- и нефтесодержащих сточных вод, включающая сепарацию сточных вод и последующую адсорбционную доочистку. В результате снижается антропогенное воздействие на окружающую среду.

Основные исполнители от ООО ИВЦ «Инжехим»: д.т.н. Фарахов Т.М., к.т.н. Алексеев К.А., к.т.н. Фарахов М.М.

Руководитель проекта
к.т.н., доцент кафедры
Энергообеспечение предприятий,
строительство зданий и
сооружений ФГБОУ ВО «КГЭУ»

Лаптева Е.А.