

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по науке и инновациям
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный
химико-технологический университет»,
доктор химических наук, доцент
Гущин Андрей Андреевич



«11» апреля 2024 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Салаховой Эльмиры
Ильгизиярвны на тему «Улавливание катализатора сепарационным
устройством с дугообразными элементами в реакторах с
псевдооживленным слоем», представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 2.6.13. Процессы и
аппараты химических технологий

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и содержит 149 страниц машинописного текста, которая включает 72 иллюстраций, 11 таблиц. Список литературы состоит из 149 источников. Результаты, полученные в рамках исследования, опубликованы в 2 статьях в изданиях из перечня ВАК, 5 работах в изданиях, проиндексированных в WoS и Scopus, а также в материалах конференций.

Содержание диссертации

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулирована цель и задачи исследования. Показана научная и практическая значимость полученных результатов. Обозначены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе выполнен обзор существующих методов и аппаратов, предназначенных для улавливания мелкодисперсных частиц. Показана динамика спроса на олефины в ближайшие годы. Отмечены проблемы работы реакторов с псевдооживленным слоем. Значимыми проблемами являются эрозия стенок устройств реакторов и эффективное улавливание частиц пылевидного катализатора. Сделан обзор наиболее подходящих для моделирования моделей турбулентности.

Выполнена постановка задач исследования, а именно разработать устройство для улавливания твердых частиц размером до 30 мкм с допустимым гидравлическим сопротивлением, с более низкой скоростью эрозионного износа.

Во второй главе представлены экспериментальные и численные исследования по улавливанию частиц катализатора в предлагаемом сепарационном устройстве с дугообразными элементами в качестве замены

циклонам в реакторах с псевдооживленным слоем. Описан принцип действия созданного устройства. В ходе численных исследований рассмотрено три вида сепарационных решеток. В качестве наилучшего конструктивного решения выбрана сепарационная решетка с V -образными пластинами. Натурные исследования проведены на экспериментальной установке сепарационного устройства. С помощью электронного микроскопа определена дисперсность, вводимого катализатора в экспериментальную установку. Размер частиц составляет от 1 до 208 мкм. При проведении численных исследований построена трехмерная модель экспериментальной установки, на основе которой создана сеточная модель. В качестве модели турбулентности выбрана модель рейнольдсовых напряжений Reynolds Stress Model (RSM). Результаты численного моделирования сравнены с результатами экспериментальных исследований. По потерям давления получено, что расхождение между данными составило не более 6%, расхождение между физическим экспериментом и численным моделированием составило не более 15,5%. При помощи численных исследований сепарационного устройства показано, что при скорости менее 1 м/с эффективность увеличивается при различном диаметре дугообразных элементов. Получены зависимости для определения эффективности устройства при скорости газа равной 0,5 и 1 м/с при различном количестве рядов и диаметре дугообразных элементов.

В третьей главе представлены численные исследования по эрозионному износу циклона и сепарационного устройства с дугообразными элементами. Численным моделированием определено, что при волнообразной структуре потока в сепарационном устройстве с дугообразными элементами скорость эрозионного износа составляет не более 2,3 мм. При этом толщина стенок составляет более 3 мм. Отмечено, что эрозии наиболее подвержены первые 2 ряда элементов.

В четвертой главе представлена инженерная методика расчета сепарационного устройства в реакторе с псевдооживленным слоем и его технико-экономическое обоснование применения относительно циклонных сепараторов. Инженерная методика позволяет рассчитать конструктивные параметры сепарационных устройств в реакторе на основе исходных зависимостей по эффективности и гидравлическому сопротивлению устройства от технологических и конструктивных параметров. Проверка инженерной методики осуществляется по расчету скорости на входе в сепарационные устройства и ее сравнения с эффективной скоростью, которая составляет менее 1 м/с. Для замены циклонов сепарационными устройствами в реакторе предложена схема их конструктивного расположения. По проведенным расчетам конструктивных параметров по инженерной методике показано, что при диаметре дугообразных элементов от 20 до 60 мм достигается требуемая скорость газа на входе в сепарационные устройства, составляющая менее 1 м/с. Выполненная экономическая оценка внедрения сепарационного устройства с дугообразными элементами в производство показала, что совокупность затрат на создание и внедрение шести сепарационных устройств с дугообразными элементами составит

ориентировочно 5726 тыс. руб. Индекс доходности проекта составит 2,5. Дисконтированный срок окупаемости составит примерно 2,5 года.

В «Заключении» выполнено обобщение полученных в ходе исследования данных, сформулированы основные научные результаты работы, указана их практическая ценность.

Актуальность темы диссертации

В химической и нефтехимической промышленности широко используются реакторы с псевдоожиженным слоем для дегидрирования изопарафинов и получения олефинов. Потребность в олефинах увеличивается в ближайшие годы, и прогнозируется, что мировой рынок олефинов вырастет до 347,9 млрд. долларов в 2029 году. Сепарационное оборудование является важным элементом реакторов с псевдоожиженным слоем и используется для улавливания катализатора. Циклоны являются наиболее распространенными аппаратами для этой цели, но они имеют недостатки, такие как измельчение катализатора и эрозионный износ стенок, что приводит к потере катализатора и снижению эффективности аппаратов. В связи с этим, разработка нового сепарационного устройства для замены циклонных сепараторов является актуальной.

Цель диссертации в формулировке автора состоит *«разработка и исследование процессов в сепарационном устройстве с дугообразными элементами для улавливания катализатора в реакторах с псевдоожиженным слоем»*. Для достижения указанной цели в работе сформулировано и решено шесть задач.

Научная новизна результатов исследования

Новыми научными результатами, полученными в рамках диссертационного исследования, являются:

- экспериментально получены обобщенные зависимости по гидравлическому сопротивлению и эффективности сепарационного устройства с дугообразными элементами в лабораторном модуле от скорости газа на входе в установку. Установлена зависимость эффективности сепарационного устройства с дугообразными элементами от размера частиц 10-208 мкм и скорости газа от 0,87 до 2,43 м/с.
- в результате численных исследований получены зависимости эффективности сепарационного устройства от количества рядов и диаметра дугообразных элементов при различной скорости газа на входе.
- проведенные численные исследования позволили получить зависимости для определения эрозионного износа сепарационного устройства с дугообразными элементами от размера частиц.

Значимость полученных автором результатов для науки и практики

Теоретическое значение результатов диссертации определяется созданием математического описания работы сепарационного устройства с

дугообразными элементами для улавливания частиц катализатора из газов в реакторах с псевдоожиженным слоем и получение экспериментальных зависимостей эффективности работы и гидравлического сопротивления от конструктивных и технологических параметров.

Значение результатов для практики определяется тем, что:

- разработана конструкция сепарационного устройства с дугообразными элементами для улавливания катализатора в реакторах с псевдоожиженным слоем, которая отличается от известных циклонов тем, что работают при низких скоростях, это приводит к снижению гидравлического сопротивления, износа стенок, частиц катализатора и высокой эффективности улавливания частиц до 30 мкм;

- показана целесообразность использования сепарационного устройства в качестве замены циклонам в реакторах с псевдоожиженным слоем подтверждена исследованиями по эрозионному износу стенок;

- разработана инженерная методика расчета сепарационного устройства для улавливания частиц катализатора из газов в реакторах с псевдоожиженным слоем.

- показана технико-экономическая целесообразность использования разработанного сепарационного устройства с дугообразными элементами в реакторах с псевдоожиженным слоем в качестве замены циклонных сепараторов;

- разработано устройство для очистки газа от твердых взвешенных частиц (Пат. № 219550 Российская Федерация, МПК B01D 45/08).

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертации подтверждается использованием фундаментальных уравнений сохранения и переноса импульса, численным моделированием газодинамики разработанного сепарационного устройства с дугообразными элементами в программном комплексе ANSYS Fluent, удовлетворительным согласованием результатов экспериментальных и численных исследований автора, воспроизводимостью результатов исследований в однотипных сериях экспериментов, непротиворечивостью данных автора результатам других исследований в данной области.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Разработанные в рамках диссертационного исследования математические методы расчета и технические решения целесообразно использовать:

- 1) в проектных организациях, занимающихся проектированием систем улавливания мелкодисперсных частиц;

- 2) в исследовательских организациях при проведении изыскательских работ в области газоочистки;

- 3) в вузах при подготовке специалистов технологических и механических профилей.

Научным организациям целесообразно продолжить исследования в данной области в направлении проработки технологических аспектов систем улавливания частиц, на основе разработанных сепарационного устройства с дугообразными элементами.

Замечания и вопросы по работе

По диссертации и автореферату имеются следующие замечания и вопросы:

1. Какие ограничения могут возникнуть при использовании сепарационного устройства с дугообразными элементами и как их можно преодолеть?
2. Как замена циклона на сепарационное устройство с дугообразными элементами повлияет на истирание частиц катализатора?
3. Учитывалось ли взаимодействие частиц друг с другом?
4. Каким образом учитывалась форма частиц?
5. Автором не показано влияние концентрации частиц на эффективность сепарации предлагаемого устройства.
6. Представляют ли предложенные методы экономическую выгоду по сравнению с существующими методами улавливания катализатора?

Приведенные замечания являются частными и не меняют общей положительной оценки диссертации.

Публикации и автореферат диссертации Салаховой Э.И. полностью отражают содержание диссертации.

Заключение

Диссертационная работа Салаховой Эльмиры Ильгизьяровны является законченной научно-квалификационной работой и посвящена решению задачи в области совершенствования аппаратного оформления процессов улавливания катализатора в реакторах с псевдоожиженным слоем. В рамках исследования получены значимые результаты, имеющие значение для развития химической технологии. Поставленные перед исследованием задачи решены, а цель исследований достигнута. Личный вклад автора в получении результатов работы не вызывает сомнений.

Диссертационная работа Салаховой Эльмиры Ильгизьяровны на тему «Улавливание катализатора сепарационным устройством с дугообразными элементами в реакторах с псевдоожиженным слоем» соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842 (в актуальной редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Салахова Эльмира Ильгизьяровна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий.

Диссертационная работа, автореферат диссертации, а также отзыв ведущей организации обсуждены на заседании кафедры технологических машин и оборудования протокол № 6 от 6 марта 2024 г.

И.о. заведующего кафедрой технологических машин и оборудования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ивановский государственный химико-технологический университет», кандидат технических наук, доцент	 Миронов Евгений Викторович
Доцент кафедры технологических машин и оборудования федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ивановский государственный химико-технологический университет», кандидат технических наук, доцент	 Чагин Олег Вячеславович
Адрес: РФ, 153000, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 7 кафедра: технологических машин и оборудования, раб. телефон: (4932) 32-40-03 (2-46), e-mail: tmio@isuct.ru	
Подписи Миронова Евгения Викторовича и Чагина Олега Вячеславовича заверяю: Ученый секретарь Ученого совета ИГХТУ, кандидат экономических наук, доцент	 Хомякова Анна Александровна

Вход. № 05-7915
« 26 » 03 2024
подпись 