

Сведения о ходе выполнения проекта
**«Разработка энергосберегающих технологий осушения сжатого воздуха в
процессе компримирования и подготовки для использования в
промышленности и на транспорте»**

Руководитель проекта д-р физ.-мат. наук Курзина И.А.

В ходе выполнения проекта по Соглашению о предоставлении субсидии от 26 сентября 2017 г. № 14.575.21.0139 с Минобрнауки России в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» на этапе № 2 в период с 01.01.2018 г. по 31.12.2018 г. выполнены следующие работы:

1. Проведена модернизация и ввод в эксплуатацию стендов, предназначенных для синтеза адсорбентов, измерения динамической емкости адсорбентов.
2. Проведена наработка образцов адсорбентов на основе оксида алюминия в количестве не менее 8 кг.
3. Проведены исследования физико-химических свойств полученных образцов адсорбентов на основе оксида алюминия.
4. Получены экспериментальные образцы высокоэффективных алюмооксидных адсорбентов, модифицированных катионами щелочных металлов в количестве не менее 2 кг.
5. Проведено исследование физико-химических свойств модифицированных катионами щелочных металлов образцов алюмооксидных адсорбентов.
6. Получены экспериментальные образцы высокоэффективных алюмооксидных адсорбентов, импрегнированных гигроскопическими солями в количестве не менее 2 кг.
7. Проведение исследований физико-химических свойств импрегнированных солями образцов алюмооксидных адсорбентов.
8. Разработана математическая модель расчета оптимального размера зерна адсорбента и метода ее численного решения, учитывающей влияние внутренней диффузии, с реализацией алгоритма расчёта на языке FORTRAN.
9. Выполнено математическое моделирование влияния геометрических характеристик на эффективность работы гранул адсорбента на основе разработанной математической модели.
10. Проведены дополнительные патентные исследования по адсорбентам и адсорбционным системам осушки.
11. Определена статическая емкость адсорбентов на основе оксида алюминия и высокоэффективных алюмооксидных адсорбентов, полученных модифицированием и импрегнированием.
12. Определена динамическая емкость адсорбентов на основе оксида алюминия и высокоэффективных алюмооксидных адсорбентов, полученных модифицированием и импрегнированием.

13. Разработана математическая модель слоев адсорбента с реализацией алгоритма расчёта на языке FORTRAN.
14. Проведено математическое моделирование высоты и состава слоев в адсорбере с использованием разработанной математической модели расчета слоев адсорбента.
15. Проведены численные исследования с использованием разработанных математических моделей по оптимизации технологических режимов работы адсорберов различной производительности (высота слоёв, температура, скорость газового потока, время контакта и др.) осушки газа при применении разработанных высокоэффективных адсорбентов.
16. Проведена модернизация и ввод в эксплуатацию стенда предназначенного для оценки кинетики адсорбции паров воды.
17. Изучена кинетика адсорбции паров воды, определение параметров кинетической модели (ёмкость, скорость адсорбции) адсорбентов на основе оксида алюминия и высокоэффективных алюмооксидных адсорбентов.
18. Проанализированы полученные экспериментальные данные и сделан выбор оптимальных условий получения высокоэффективных алюмооксидных адсорбентов.
19. Разработан метод формования экспериментальных образцов разрабатываемых высокоэффективных адсорбентов с целью получения гранул с необходимыми геометрическими характеристиками.
20. Разработан стандарт организации на лабораторный процесс приготовления алюмооксидных адсорбентов в соответствии с ГОСТ 1.4-2004 и ГОСТ 1.5-2012.
21. Разработана принципиальная схема лабораторного центробежного реактора барабанного типа, используемого для получения адсорбентов на основе оксида алюминия, в соответствии с ГОСТ 2.701-2008.

Основные результаты проекта:

На первом этапе выполнения ПНИ был проведен анализ информационных источников по тематике ПНИ, обоснованы задачи исследования и подходы к их решению. Выполненная оценка экономической эффективности организации производства высокоэффективных адсорбентов и предварительные маркетинговые исследования рынка показали, что данные продукты имеют значительный рыночный потенциал. Подготовлена Программа работ и методики исследовательских испытаний по изучению адсорбционных характеристик образцов на стендах, составлена технологическая инструкция по изготовлению образцов на основе оксида алюминия. Подготовлена эскизная конструкторская документация на стенды.

На втором этапе проведена модернизация стендов для синтеза адсорбентов, измерения динамической адсорбционной емкости и кинетики адсорбции паров воды. Синтезированы образцы высокоэффективных алюмооксидных адсорбентов: 1) модифицированных катионами щелочных металлов (K, Na, Li) с содержанием от 1 до 6 % масс. модификатора; 2) импрегнированных гигроскопическими солями (MgSO₄ и CaCl₂) с содержанием соли в образце от 8 до 15,5 % масс. Изучены физико-

химические характеристики синтезированных образцов. Проведено определение статической и динамической емкости, а также изучение кинетики адсорбции паров воды для адсорбентов на основе оксида алюминия и синтезированных высокоэффективных алюмооксидных адсорбентов. Показано, что оптимизация условий синтеза позволяет получить модифицированный ионами натрия алюмооксидный адсорбент с улучшенными характеристиками прочности (8,4 МПа) и динамической ёмкости - 10,60 г/100г (7.5 г/100 см³), что существенно превосходит заявленные в техническом задании показатели.

Разработаны математические модели расчета оптимального размера зерна адсорбента, высоты и состава слоев в адсорбере и проведены численные исследования по оптимизации технологических режимов работы адсорберов при применении эффективных адсорбентов. Теоретически получено оригинальное, физически обоснованное, уравнение позволяющее рассчитать суммарный коэффициент массообмена в зависимости от свойств газа и характеристик слоя: эффективного коэффициента диффузии воды внутри зерен адсорбента, диаметра и пористости зерен, и порозности засыпки слоя. Разработаны технологическая инструкция по формированию разработанных адсорбентов, и Стандарт организации на лабораторный процесс приготовления алюмооксидных адсорбентов.

Работы, предусмотренные Техническим заданием и План-графиком, в отчетном периоде выполнены в полном объеме.