

## ОТЗЫВ

Петухова Дмитрия Игоревича на автореферат диссертации  
Атласкина Артема Анатольевича  
«РАЗДЕЛЕНИЕ ГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ В МЕМБРАННОМ КАСКАДЕ ТИПА  
«НЕПРЕРЫВНАЯ МЕМБРАННАЯ КОЛОННА»  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 05.17.18 «Мембраны и мембранная технология (технические  
науки)»

Целью работы А.А. Атласкина является изучение функционирования мембранного каскада типа «Непрерывная мембранная колонна» для глубокой очистки газов и выделения диоксида углерода из дымовых газов ТЭЦ для определения зависимости эффективности разделения – производительность аппарата, а также изучения предельных режимов разделения и характеристики диапазонов технологических параметров. Актуальность выбора цели данной работы обусловлена необходимостью разработки подходов мембранного газоразделения, позволяющих проводить глубокую очистку газов, которая может заменить собой традиционные энергоемкие дистилляционные процессы, а также необходимостью разработки энергоэффективных подходов к выделению  $\text{CO}_2$  из дымовых газов. Для достижения поставленной цели автором была разработана математическая модель массообмена в мембранном каскаде типа непрерывная мембранная колонна, которая описывает характеристики разделяемой смеси в зависимости от характеристик мембраны и условий проведения процесса. Проведена экспериментальная верификация данной модели, а также экспериментально определены закономерности функционирования различных технологических схем мембранного каскада. Проведен анализ работы секции извлечения и обогащения мембранного каскада, а также определены предельные возможности данного каскада в задачах выделения  $\text{CO}_2$  из дымовых газов. Экспериментально оценены возможности интенсификации разделения газовых смесей при проведении процесса в нестационарных условиях.

Научная новизна проведенного исследования состоит в разработке математической модели массообмена мембранном каскаде типа «Непрерывная мембранная колонна», которая описывает изменения состава газовой смеси и в зависимости от характеристик мембраны и условий проведения процесса, и может применяться как для разбавленных газовых смесей, так и для смесей с сопоставимыми концентрациями компонентов. Впервые выполнено экспериментальное сравнение эффективности глубокой очистки труднопроникающего компонента двух конфигураций мембранного каскада типа «Непрерывная мембранная колонна» с непрерывной мембранной колонной, предложенной С.-Т. Хвангом. Практическая значимость данной диссертационной работы состоит в возможности использования предложенной математической модели, верифицированной на примере двух принципиально разных задач, для разработки новых и оптимизации существующих мембранных аппаратов, применяемых как в области глубокой очистки труднопроникающих компонентов, так и при решении задач концентрирования легкопроникающих компонентов газовых смесей.

Личный вклад автора и оригинальность полученных результатов подтверждены апробацией на всероссийских и международных конференциях, а также публикациями в высокорейтинговых научных журналах, среди которых Journal of Membrane Science.

По тексту автореферата необходимо сделать следующие замечания:

Из текста автореферата остались непонятны критерии выбора мембран Летосил<sup>TM</sup> и МДК-3<sup>TM</sup>, используемых для проведения процессов разделения.

На странице 12 автореферата указано требование по площади мембраны в 52780 м<sup>2</sup>,

которая необходима для выделения углекислого газа со степенью извлечения до 90%. Однако из текста автореферата остается неясным производительность мембранного аппарата с такой площадью. Кроме того, на рисунке 6 указано давление в 0.26 МПа и 0.13 МПа, непонятно, как в случае дымовых газов создавать данное давление сырьевого потока.

В качестве общего замечания к работе следует отметить, что описанные эксперименты проведены на сухих газовых смесях, в то время как реальные дымовые газы содержат достаточно большое количество паров воды

Несмотря на сделанные замечания, работа Артема Анатольевича Атласкина представляет собой законченное исследование, выполненное на высоком теоретическом и экспериментальном уровне. Представленная диссертационная работа удовлетворяет требованиям положения ВАК о присуждении ученых степеней, а её соискатель заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.18 – Мембраны и мембранная технология.

Старший научный сотрудник  
Кафедры неорганической химии  
Химического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова  
к.х.н.

Петухов Д.И.

Отзыв и подпись Петухова Д.И. заверяю  
Декан Химического Факультета  
МГУ имени М.В.Ломоносова  
Член-корр. РАН

Калыков С.Н.

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Московский государственный университет имени  
М.В. Ломоносова  
Адрес: 119991, г. Москва, Ленинские горы д.1 стр. 3  
Тел.: +7(495)939-16-71  
e-mail: [di.petukhov@gmail.com](mailto:di.petukhov@gmail.com)

Дата «09» ноября 2020 г.