

В диссертационный совет 24.2.312.05
на базе федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Казанский
национальный исследовательский
технологический университет»

ОТЗЫВ

официального оппонента по диссертационной работе

Латыпова Дамира Рашитовича

на тему **«Обезвоживание водно-спиртовых смесей полимерными
первапорационными мембранами с селективным слоем из
полиуретанов на основе аминокэфиров ортофосфорной и борной
кислот»**, представленной на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 2.6.13 Процессы и аппараты
химических технологий

Актуальность выбранной темы

Повышение эффективности и снижение удельных энергозатрат при проведении процессов разделения жидких смесей является актуальной задачей для нефтехимической, химической и многих других отраслей промышленности. Наиболее распространенным методом разделения жидких смесей на сегодняшний день является перегонка или ректификация, однако зачастую спирты с водой образуют азеотропные смеси, для разделения которых требуются специальные виды ректификации. К недостаткам специальных видов ректификации (азеотропная, экстрактивная или под вакуумом и др.) относятся высокие удельные капитальные и эксплуатационные затраты. В своей диссертационной работе Латыпов Д.Р. предлагает варианты повышения эффективности процессов разделения водных растворов спиртов при помощи певапорации как основного процесса, так и в качестве дополнения к традиционным. Певапорация –

мембранный процесс разделения жидких смесей, основанный на селективном проникновении одного из компонентов разделяемой жидкой смеси через непористую мембрану. К достоинствам процесса можно отнести высокую разделительную способность, низкое энергопотребление и компактность аппаратного оформления. В своей работе соискатель в качестве селективного слоя первапорационной мембраны использует полимеры, изготовленные из полиуретанов на основе аминокэфиров ортофосфорной кислоты (АЭФК) и аминокэфиров борной кислоты (АЭБК). В связи с этим, диссертационное исследование Латыпова Д.Р., направленное на совершенствования процессов разделения водно-спиртовых смесей (в том числе и азеотропных) и получения данных по разделительным характеристикам новых мембранных материалов, **является актуальным.**

Общая характеристика работы

В первой главе диссертации приведен литературный обзор, в котором: изложены сферы применения абсолютированных спиртов; описаны традиционные методы разделения и их недостатки при разделении азеотропных смесей; описана история возникновения процесса первапорации, дальнейшее развитие и перспективы ее развития в Российской Федерации и мире; приведена информация о видах первапорации и классификации материалов мембран; рассмотрены преимущества полимерных мембран над керамическими, а также перспективы использования полиуретанов в сравнении с другими полимерными материалами.

Во второй главе приведена методика изготовления полимерных полиуретановых пленок и мембран с селективным слоем на основе АЭФК и АЭБК. Подробно описана методика определения сорбционной способности изготовленных полимерных пленок. Приведено описание экспериментальной первапорационной установки и методики проведения экспериментальных исследований по первапорационному разделению с использованием

изготовленных полимерных первапорационных мембран. Представлена информация об использованном аналитическом оборудовании, на котором были получены сепарационные характеристики процесса первапорации.

В третьей главе приведены результаты экспериментальных исследований первапорационного обезвоживания этанола и изопропанола изготовленными полимерными полиуретановыми мембранами на основе АЭФК и АЭБК. Впервые для полиуретановых мембран на основе АЭБК и АЭФК при обезвоживании этанола и изопропанола получены экспериментальные данные в широком концентрационном диапазоне разделяемых смесей при различных температурах.

В четвертой главе представлена разработанная математическая модель, описывающая процесс первапорации на полимерных мембранах, на основе концепции «растворение-диффузия». Показана ее адекватность на основе сравнения рассчитанных и экспериментальных данных. Приведены результаты экспериментальных исследований по набуханию полиуретановых пленок на основе АЭБК и АЭФК в низкомолекулярных жидкостях (вода, этанол, изопропанол и их бинарных водных смесях). Описан расчет неизвестных параметров математической модели определяемых из экспериментов по набуханию полимерных пленок.

В пятой главе представлен сравнительный технико-экономический анализ обезвоживания спиртов (этанол и изопропанол) процессами экстрактивной ректификации и совмещенной схемой, включающей процесс ректификации, обеспечивающий разделение до азеотропной области и первапорации используемый для последующего концентрирования. Для расчета площади мембранной поверхности необходимой для обезвоживания этанола и изопропанола использовалась разработанная математическая модель. По результатам технико-экономического анализа было выявлено, что совмещенная схема способна снизить энергозатраты в $\sim 4,9$ раз в сравнении со схемой экстрактивной ректификации.

Новизна исследования и полученных результатов

Автором впервые были получены экспериментальные данные по набуханию использованных мембранных материалов и условия сорбционного равновесия полиуретановых пленок на основе АЭБК и АЭФК в чистых компонентах (вода, этанол, изопропанол) и водно-спиртовых смесях во всей концентрационной области при температурах 22, 40 и 60°C. На основе полученных экспериментальных данных были определены коэффициенты диффузии воды, этанола, изопропанола в пленках АЭБК и АЭФК при температурах 22, 40 и 60°C.

Получены экспериментальные данные потоков пермеата и коэффициентов разделения полимерных первапорационных мембран из полиуретанов на основе АЭБК и АЭФК при обезвоживании этанола и изопропанола в концентрационной области от 50 до 99 % масс. спирта, при температурах 40 и 60°C и вакууме 20 мм рт. ст. со стороны пермеата.

В работе представлена математическая модель, описывающая процесс первапорации на полимерных полиуретановых мембранах на основе АЭБК и АЭФК, основанная на концепции «растворение-диффузия», учитывающая основные стадии переноса массы из сырьевой части в пермеат. В математической модели использовались данные, определённые из экспериментов по сорбционному равновесию в полимерных полиуретановых пленках.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность экспериментальных данных подтверждается воспроизводимостью результатов, использованием современного аналитического оборудования для их получения и корректной статистической обработкой.

Математическая модель построена на законах сохранения, термодинамики и теории массопереноса, поэтому степень обоснованности разработанной математической модели не вызывает сомнений.

Изложенные в диссертационной работе выводы и рекомендации, полученные на основе результатов моделирования, подтверждаются удовлетворительным согласованием с полученными экспериментальными данными.

Значимость для науки и практики результатов диссертационной работы

Разработан метод изготовления полимерных первапорационных мембран с селективным слоем из полиуретанов на основе АЭБК и АЭФК.

Разработана математическая модель, описывающая процесс переноса через полимерную полиуретановую мембрану, которая может быть использована для расчетов необходимой поверхности мембран в зависимости от заданных параметров процесса, к которым относятся исходная концентрация компонента в разделяемой смеси, необходимая конечная концентрация компонента в пермеате, расход смеси и температура проведения процесса, с целью проектирования мембранных первапорационных установок.

В работе выявлены следующие **недостатки**:

1. Известно, что толщина селективного слоя в значительной степени влияет на поток пермеата, чем меньше слой, тем выше производительность. В диссертационной работе приведена информация, что толщина селективного слоя составляет 30-40 микрон, но нет данных о том, чем обусловлен выбор данной толщины? Проводились ли поисковые исследования для определения влияния толщины селективного слоя на разделительные характеристики изготавливаемых мембран?

2. В работе не анализируются этапы работы мембраны: набухания, выход на режим и ресурсные возможности, важные для проектирования и эксплуатации мембранных модулей с исследуемыми мембранами.

3. В математической модели для описания структуры потока ретанта использовалась модель идеального вытеснения, что редко реализуется в промышленных мембранах процессах. В этом случае автором в 5 главе

получена оценка минимальной требуемой мембранной поверхности. Автору стоило бы произвести оценку влияния обратного перемешивания на требуемую мембранную поверхность.

4. В 5 главе при проведении технико-экономического анализа не учитываются капитальные затраты, однако автору стоило произвести предварительную оценку стоимости изготовления мембранного модуля, учитывая известную технологию и компоненты изготовления мембраны.

5. В диссертационной работе имеются орфографические ошибки и опечатки.

Указанные замечания не снижают научной и практической значимости проведенных исследований, не ставят под сомнение защищаемые автором положения и не сказываются на положительной оценке результатов работы.

Заключение

Основные результаты диссертационной работы изложены в 16 печатных работах, из которых: 9 – рекомендованных ВАК РФ; и 7 – печатных работах в материалах международных и всероссийских научных конференций.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа Латыпова Д.Р. на тему «Обезвоживание водно-спиртовых смесей полимерными первапорационными мембранами с селективным слоем из полиуретанов на основе аминокэфиров ортофосфорной и борной кислот» является законченным научным исследованием, которое имеет научное и практическое значение, так как в ней изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения, направленные на снижение энерго- и ресурсозатрат при разделении водно-спиртовых смесей (изопропанол-вода и этанол-вода) на основе процессов ректификации и первапорации, имеющие значение для развития химической и нефтехимической отрасли нашей страны.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.6.13 Процессы и аппараты химических технологий в части п. 2 Теория подобия,

моделирование и масштабирование химико-технологических процессов и аппаратов, машин и агрегатов; п. 4 Способы, приемы, методология исследования химических, тепловых, массообменных и совмещенных процессов, совершенствование их аппаратного оформления.

Диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (ред. от 25.01.2024), а ее автор Латыпов Дамир Рашитович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.13 Процессы и аппараты химических технологий.

Доктор технических наук (05.17.18 Мембраны и мембранная технология), профессор, заведующий кафедрой мембранной технологии РХТУ им. Д.И. Менделеева



Каграманов
Георгий
Гайкович

05.09.2024 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева»

Адрес: 125047, г. Москва, Миусская пл. 9

Телефон: 8 (499) 978-82-60

E-mail: kadri@muctr.ru



Вход. № 05-8128
« 18 » 09 2024 г.
подпись 