

РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ НЕРАВНОВЕСНОЙ ЖИДКОФАЗНОЙ СОРБЦИИ В ТЕХНОЛОГИИ ПРОНИЦАЕМЫХ РОТОРОВ

В.К. Баев, А.Н. Бажайкин, В.М. Фомин

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН
630090 Новосибирск Россия*

Принципиальные идеи, составляющие основу использования дисковых роторных машин при создании энергопреобразующих устройств, изложены в [1]. Эти идеи стимулировали выполнение широкого спектра исследований процессов в роторных машинах, создание новых материалов и поиск новых конструкторских решений в рамках интеграционных проектов СО РАН.

Основу последнего проекта составляла идея создания течений с помощью вращения тел из ячеисто-пористых материалов или их аналогов (проницаемых роторов), запатентованная ИТПМ и ИК СО РАН [2].

Некоторые особенности течений, создаваемые проницаемыми роторами и внутри их, изучены теоретически и экспериментально [3,4,5,6].

В докладе приводятся примеры экспериментальной реализации энергопреобразующих устройств различного назначения с указанием наиболее интересных результатов, полученных при их испытаниях.

Достаточно полное изложение физических процессов в пористых средах и аналитическое их описание применительно к проницаемым роторным машинам изложено в [8].

Существенную роль в развитии этих исследований сыграл интерес зарубежных партнеров к проверке новых технологических возможностей при применении машин с проницаемыми роторами. Исследования выполнялись для Даймер-Крайслер, Сименс, Университета префектуры Акито. Некоторые прикладные разработки выполнены и для отечественных предприятий.

Идея использования жидкофазной сорбции сорбентом, впрыскиваемым в проточную часть роторной машины, была реализована при разработке очистителей воздуха от аммиака для цеха по производству компоста в Японии.

Созданная машина представляла собой многодисковый вентилятор с впрыском воды на входе, термоэлектрическим холодильником, расположенном на обечайке, с теплообменником для охлаждения воды из холодильника и подсушки очищенного воздуха. Фото и параметры очистителя приведены на рис. 1

Результаты испытаний этого образца в Японии, на свиноферме в Новосибирске и аналогичного очистителя уменьшенных размеров в виварии института Цитологии и генетики СО РАН показали, что параметр β , равный отношению измеренной концентрации сорбата к равновесной существенно выше единицы, что иллюстрируется рис. 2.

Полученные результаты стимулировали проведение теоретических исследований на базе новых физических представлений о сорбционных процессах при течении в роторных машинах, особенно с роторами из перфорированных дисков или ячеисто-пористых высокопроницаемых материалов.

Основным результатом этих рассмотрений было получение априорной аналитической зависимости эффективности сорбционной очистки от параметров сорбента и очищаемого газа. В соответствии с [9] математическое описание этой модели дает следующее выражение для степени очистки

$$\eta = 1 - \frac{P_{in}}{P_{10}}$$

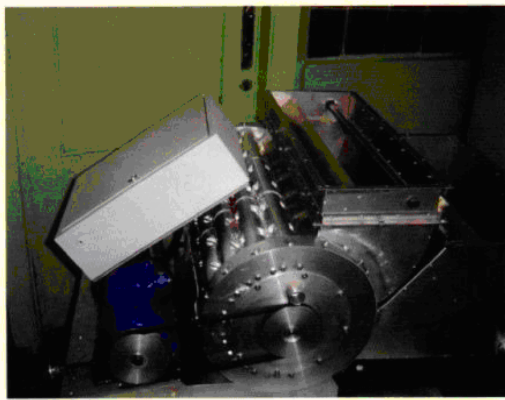


Рис. 1

Очиститель имеет следующие характеристики:
 расход перерабатываемого газа – 0,5 м³/с
 расход жидкого сорбента до – 0,05 кг/с
 скорость вращения дисков до 4500 об/мин
 потребляемая электрическая мощность – 2,5 кВт
 габариты – 0,5 м³
 вес – 120 кг

$$\eta = \left(\frac{\bar{G}}{\frac{\mu_2 \cdot P_{s2} \cdot P_s}{\mu_1 \cdot P_a^2} + \bar{G}} \right) \left(1 - \frac{P_{10w}}{P_0} \right) \left(1 - e^{-\frac{\alpha F \cdot \mu_1 \cdot P_s^2}{G_i \cdot G}} \right)$$

Структура полученного выражения весьма наглядна, поскольку каждый из сомножителей несет конкретное физическое содержание. Первый множитель дает предельное значение степени очистки в отсутствие начальной концентрации сорбируемого газа в сорбенте. Второй - влияние начальной концентрации сорбата. Третий - влияние массообменных характеристик с учетом обратного влияния степени очистки.

Здесь \bar{G} - отношение расхода сорбента к расходу газа; P_a - общее давление; μ - молекулярная масса; P_s - давление насыщения; α - коэффициент массообмена; F - площадь межфазного контакта; индексы - 1, 2 - сорбат и сорбент соответственно; o - начальное значение; w - на поверхности.

На рис. 3 приведен пример сопоставления расчета с экспериментом для аммиака, полученном на однодисковом очистителе из ячеисто-пористого материала.

Аналогичные результаты были получены для CO₂ и SO₂.

На основании полученных научных результатов был разработан и создан образец транспортного очистителя воздуха от CO₂ с эффективностью $\eta \approx 0,95$ при начальной концентрации CO₂ 350 ppm (среднее значение для атмосферы).

Это было достигнуто при применении в качестве сорбента щелочи и многоступенчатой конструкции, соответствующей патенту [10].

Расчетно-теоретические оценки с учетом накопленного опыта показали перспективность применения технологии проницаемых роторов на заводе по сжиганию мусора. В этом случае за счет уменьшения объема очистительного оборудования объем здания может быть уменьшен на 30÷40%.

Следует, однако, отметить, что, несмотря на демонстрацию уникальных возможностей технологии проницаемых роторов ее применение требует дополнительных широких исследований как физики самих сорбционных процессов в сложных условиях течения в пористой вращающейся среде, так и фундаментальных исследований другой стороны технологии – регенерации сорбента.

Следует также напомнить о возможной многофункциональности машин с проницаемыми роторами, что может быть эффективно использовано в различных вариантах для различных энерготехнологий.



На рис. 2 приведены значения β и β_c в зависимости от G , откуда видно, что во всех экспериментах растворимость NH_3 в H_2O существенно (в 5-30 раз) превышает равновесную. Аналогичные расчеты для Японского скруббера дали значения $\beta=0,15\div 0,25$, т.е. на 1÷2 порядка меньше чем в очистителе.

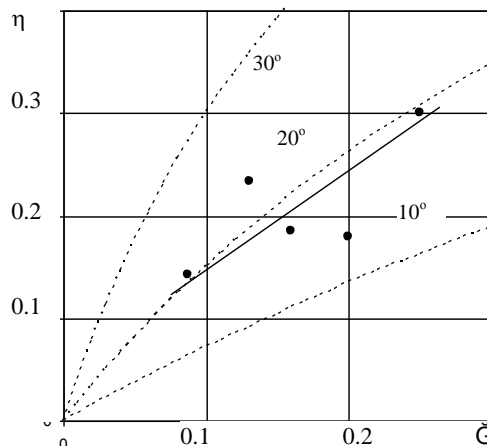


Рис. 3

Зависимость степени очистки воздуха от углекислого газа (η) от относительного расхода сорбента G
 — эксперимент ---- расчет

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Баев В.К., Фомин В.М.** Main ideas of interdisciplinary projects of new types of energy – transducing facilities // Proceedings of International Conference on the Methods of Aerodynamical Research (ICMAR), 2004, Novosibirsk, Russia, Part I, P. 26-29.
2. **Баев В.К., Фомин В.М., Чусов Д.В., Фролов А.Д., Макарюк Т.А., Исмагилов З.Р., Пармон В.Н., Керженцев М.А., Шикина Н.В.** Способ организации течения рабочей среды и энергопреобразующее устройство роторного типа для его осуществления. Патент RU № 2256861, 02.04.2003, БИ № 20, 20.07.2005.
3. **Баев В.К., Минаев С.С.** Characteristics of the flow around and inside of the rotating porous disk // Proceedings of The Fourth International Symposium on Advanced Fluid Information and The First International Symposium on Transdisciplinary Fluid Integration AFI TFI 2004, Sendai Int. Center, Sendai, Japan, 11 – 12 Nov., 2004, Tohoku Univ., Sendai, Japan, P. 238 -241.
4. **Баев В.К., Фёдоров А.В., Фомин В.М., Хмель Т.А.** Исследование процессов центробежной конвекции при быстром вращении тел из ячеисто-пористых материалов // ПМТФ №1, 2005.
5. **Фёдоров А.В., Фомин В.М., Хмель Т.А.** Математическое моделирование течений внутри вращающихся тел из ячеисто-пористых материалов // ПМТФ №6, 2005. С. 78 -85.
6. **Баев В.К., Фомин В.М.** Многофункциональные машины с дисковыми роторами // Научно-практическая конференция «Энергоресурсосбережение и обеспечение экологической безопасности на промышленных предприятиях», С.-Петербург, Россия, 2004, С. 7 – 9.
7. **Баев В.К., Фомин В.М.** Экспериментальные энергопреобразующие устройства с проницаемыми роторами // Проблемы и достижения прикладной математики и механики. К 70-летию акад. В.М. Фомина. Сб. науч. трудов, Параллель, Новосибирск, 10, с. 456-450.
8. **Баев В.К., Бажайкин А.Н.** «Применение проницаемых материалов при организации горения твердых топлив». Горение твердых топлив: Сб. докладов VII Всероссийской конференции с международным участием, Новосибирск, 10-13 ноября 2009г. - г. Новосибирск: Изд-во Института теплофизики СО РАН, 2009 – 4.1, с. 159-168.
9. **Баев В.К., Бажайкин А.Н., Фомин В.М., Фролов А.Д.** Оценка эффективности сорбции газов жидкостью в машинах с проницаемыми роторами // Доклады академии наук, 2008, т. 421, № 1, с. 1-4.
10. **Баев В.К., Бажайкин А.Н., Макарюк Т.А., Кондратьев Д.Г., Матренин В.И.** Устройство и способ мокрой очистки газов. Патент № 2373988, приоритет от 16.06.08г. БИ № 33 от 27.11.2009г.