

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТАНОВОК КОРОТКОЦИКЛОВОЙ АДСОРБЦИИ ПО ОБОГАЩЕНИЮ ВОЗДУХА КИСЛОРОДОМ

Интенсивное развитие техники и технологии короткоцикловой адсорбции (КЦА) позволило вплотную подойти к созданию высокоэффективных и одновременно достаточно простых, надежных и компактных установок по обогащению воздуха кислородом, в первую очередь, для их использования в медицинских целях [1].

В работе [2] было показано, что высокая эффективность и экономичность достигаются в компактной установке по обогащению воздуха кислородом, реализующей двухадсорберную схему организации процесса.

Принципиальная схема установки и циклограмма ее работы представлены на рис. 1. Установка работает следующим образом. Исходный поток подается компрессором в адсорбер 2а, где осуществляется адсорбция при давлении $1,5 \cdot 10^5$ Па. Процесс регенерации адсорбента проводится при давлении $0,5 \cdot 10^5$ Па с целью десорбции азота в поток отходящего газа. Регенерация проводится частью очищенного потока, подаваемого через дросселирующий вентиль 5 из адсорбера 2б, в котором в этом время осуществляется процесс адсорбции. При обратном срабатывании клапанов цикл повторяется.

В результате проведенного анализа было установлено, что увеличение концентрации кислорода c_{O_2} при сокращении длительности цикла объясняется уменьшением доли «проскока» потока без адсорбции азота. В установке с производительностью $Q_{исх} = 0,167 \cdot 10^{-3}$ м³/с и длительностью цикла менее 2 с поток не покидает слой адсорбента, что приводит к резкому падению концентрации кислорода.

* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доцента ФГБОУ ВПО «ТГТУ» Д.С. Дворецкого.

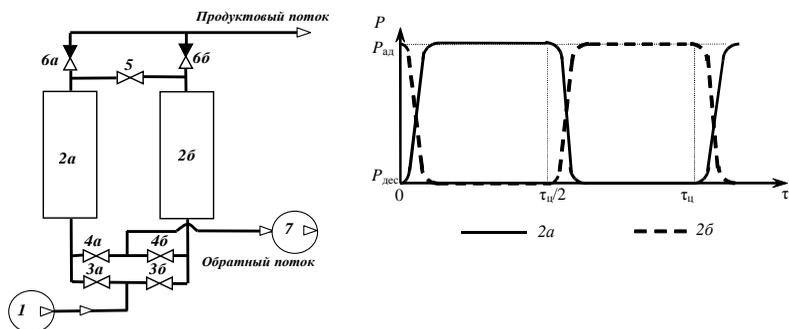


Рис. 1. Схема установки КЦА и циклограмма ее работы:

1 – компрессор; 2а, 2б – адсорберы; 3а, 3б, 4а, 4б – управляемые клапаны; 5 – дросселирующий вентиль; 6а, 6б – обратные клапаны; 7 – вакуум-насос

Установлено, что использование адсорбента на основе цеолита LiLSX позволяет обеспечить более высокую концентрацию кислорода, чем при использовании цеолита NaX в схеме с вакуумной десорбцией.

Из рисунка 2, б видно, что при увеличении величины обратной промывки концентрация кислорода на выходе из установки увеличивается, одновременно снижается объемная производительность. При этом наблюдается достижение максимально возможной концентрации кислорода при значениях коэффициента обратной промывки в пределах $\theta \in [2,1 \dots 2,6]$.

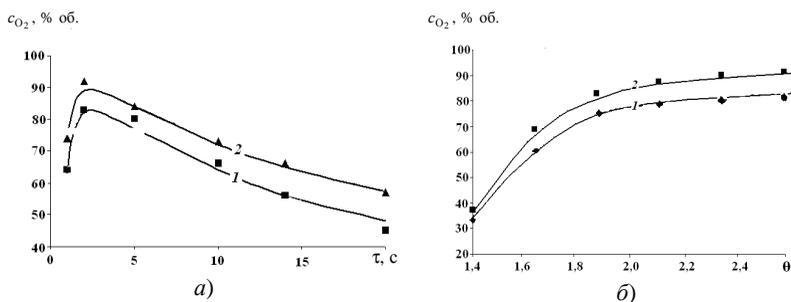
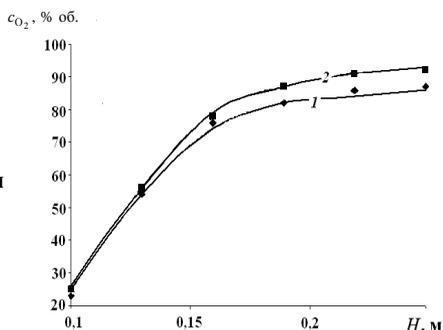


Рис. 2. Сравнение расчетных и экспериментальных зависимостей концентрации кислорода на выходе из установки от:

а – длительности цикла τ ; б – коэффициента обратной промывки θ ;
1 – гранулированный адсорбент LiLSX с размером частиц 0,28 мм;
2 – блочный адсорбент LiLSX с размером пор 0,20 мм

Рис. 3. Сравнение расчетных и экспериментальных зависимостей концентрации кислорода на выходе из установки от высоты слоя адсорбента H :
 1 – гранулированный адсорбент с размером частиц 0,28 мм;
 2 – блочный адсорбент с размером пор 0,20 мм



Повышение концентрации кислорода на выходе из установки при использовании блочного адсорбента объясняется большей его внутренней поверхностью, имеющим разветвленную систему макроканалов по сравнению с гранулированным адсорбентом (до шести раз). Экспериментальные данные [2] свидетельствуют о том, что использование высокопористых ячеистых материалов в виде блоков, полученных методом свободнотекущих пен, обеспечивает необходимую длительность работы установки без замены адсорбента (до 30 000 часов). Высокопористые ячеистые материалы (пеноматериалы) изготавливаются путем дублирования сетчатоячеистой структуры вспененной полимерной матрицы разнообразного состава с последующим ее удалением термодеструкцией. В качестве структурообразующей матрицы высокопористых ячеистых материалов используют либо свободно текущую пену различных ПАВ или фиксированную вспененную структуру открытоячеистого пенополиуретана.

С целью обеспечения автономной работы компактной установки по обогащению воздуха кислородом по технологии КЦА (например, медицинского генератора кислорода), необходимо осуществить поиск и выбор комплектующих, обеспечивающих следующие характеристики установки: производительность – 2–3 л/мин с концентрацией кислорода до 90% об, время непрерывной автономной работы – 3 ч.

Проведенный литературно-патентный обзор, показал, что основные проблемы при создании автономной установки КЦА связаны с обеспечением требуемых расходно-напорных характеристик компрессора (расход исходной газовой смеси 15...20 л/мин, давление $(2...2,5) \cdot 10^5$ Па), а также требуемого разрядного тока (20С) и емкости аккумуляторной батареи (до 20 А·ч).

В результате проведенного сравнительного анализа было выявлено, что безмасляные диафрагменные компрессоры обладают расходно-напорными характеристиками, наиболее близкими к требуемым. Примером является компрессор модели 7015ZVDP/2.5/V/DC [3] обладаю-

щий следующими характеристиками: максимальная производительность 27 л/мин, максимальное пиковое давление $4 \cdot 10^5$ Па, постоянное максимальное давление $2 \cdot 10^5$ Па, вакуум пиковая величина $0,2 \cdot 10^5$ Па, постоянная величина вакуума $0,2 \cdot 10^5$ Па, напряжение питания 12 В, потребляемая мощность 72 Вт, вес 1,5 кг.

Преимуществами данного компрессора при его использовании в установке медицинского генератора являются: малый вес, низкое энергопотребление, компактность, а также бесшумность работы, отсутствие нагрева и необходимости технического обслуживания в течение установленного срока эксплуатации.

Обеспечение длительной автономной работы компактной установки по обогащению воздуха кислородом возможно за счет применения литийполимерных аккумуляторных батарей, являющихся наиболее мощными, компактными и современными источниками тока [4]. Для обеспечения непрерывной автономной работы компактной установки, в течение трех часов необходима батарея, состоящая из четырех аккумуляторов типа TopFuel LiPo 20C-ECO-X 5000 mAh 3S, обладающими следующими характеристиками: количество банок 3 шт, емкость 5000 mAh, напряжение 11,1 В, разрядный ток 20С F, вес 0,362 кг.

Таким образом, в результате проведенного литературно-патентного обзора выработаны предложения, на основе которых может быть разработана компактная автономная установка короткоциклового адсорбции для использования в медицинских целях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Jolson, J. Underground Self-Rescuer Technology, Past, Present, and Future / J. Jolson // 3rd SCSR Workshop at the MSHA Training Academy on July 25, 2006 // (s3.amazonaws.com/seak_members/production/.../seak-reprocess,26472,1).

2. Современные тенденции по уменьшению энергозатрат кислородобывающих установок короткоциклового безнагревной адсорбции / Е.И. Акулинин и др. // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2008. – Т. 14, № 3. – С. 597 – 601.

3. Сайт ООО «Фирма Климби» : каталог диафрагменных насосов и компрессоров [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.climbi.ru/thomas/cat_diaf.pdf.

4. Аккумулятор TopFuel LiPo 20C-ECO-X 5000mAh 3S [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.aviator-rc.ru/shop/UID_3726.html.

*Кафедра «Технологии продовольственных продуктов»
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»*