

## Технологии и системы жизнеобеспечения и защиты человека

**От редакции.** В настоящей разовой рубрике публикуются статьи молодых ученых и студентов, рекомендованные к печати руководством Научно-образовательного центра «ТГТУ – Институт медико-биологических проблем РАН» в области биомедицинских технологий жизнеобеспечения и защиты человека и подготовленные при проведении в ТГТУ на кафедре «Информационные процессы и управление» краткосрочных поисковых НИР (научных стажировок). Работы выполнены в рамках соглашения № 14.В37.21.2083 по ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы по теме «Развитие теоретических основ создания систем жизнеобеспечения человека».

**Editorial.** This single section contains articles of young scientists and students, recommended by Research and Education Center “TSTU – Institute of Biomedical Problems Russian Academy of Sciences” in the field of biomedical technology of life support and human protection prepared during short-term R&D studies (research fellowships) at TSTU Department “Information Processes and Control”. The work has been performed under the agreement № 14.В37.21.2083 on FTP “Scientific and scientific-pedagogical personnel of innovative Russia” for 2009–2013 on the theme “Theoretical foundations of creating life support systems”.

УДК 661.935

### ПРОЦЕСС АДСОРБЦИОННОГО КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ КИСЛОРОДА В УСЛОВИЯХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ КОЛЕБАНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

С.А. Скворцов<sup>1</sup>, С.С. Маташков<sup>1</sup>, Ю.М. Смолин<sup>2</sup>

Кафедра «Информационные процессы и управление», ТГТУ (1);  
ОАО «Государственный научно-исследовательский химико-аналитический институт», г. Санкт-Петербург (2); dfoxd@yandex.ru

Представлена членом редколлегии профессором В.Г. Матвейкиным

**Ключевые слова и фразы:** короткоцикловый адсорбционный процесс; система жизнеобеспечения; технологический процесс.

**Аннотация:** Описаны структуры взаимодействия подсистем процесса адсорбционного концентрирования кислорода на различных этапах функционирования.

---

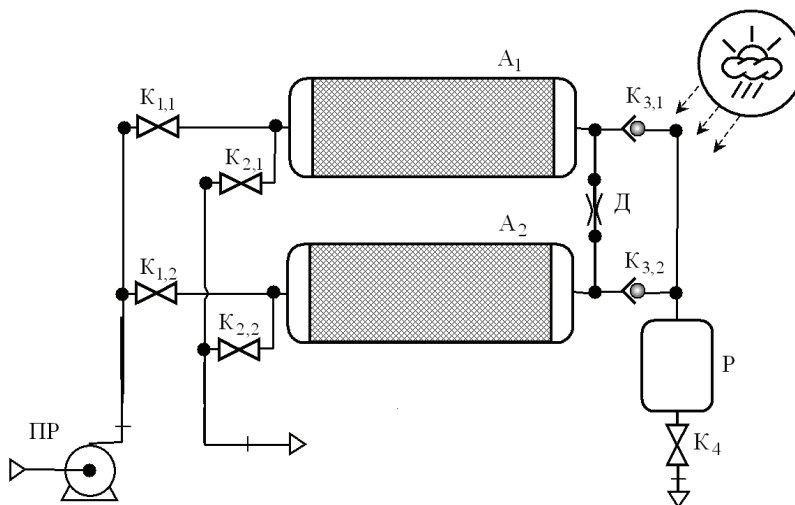
Бурное развитие промышленности, медицины, сельского хозяйства за последние полвека привело к резкому росту потребностей в чистых и концентрированных газах. На сегодняшний день существует значительное многообразие способов разделения и очистки газов, но наиболее эффективной, экономически целе-

сообразной и обладающей рядом эксплуатационных преимуществ является технология короткоциклового безнагревной адсорбции (КБА) [1]. Эксплуатационные характеристики установок КБА привели к возможности их использования в авиации. Это, в свою очередь, определяет условия, где при достаточно быстром изменении высоты полета наблюдаются высокочастотные изменения температуры окружающей среды по отношению к летательному аппарату. Колебания температуры в широком диапазоне оказывают непосредственное влияние на процесс адсорбционного концентрирования кислорода, который является основой системы жизнеобеспечения пилотов.

Процесс адсорбционного концентрирования кислорода в воздушной смеси по своей сути является сложной системой массообменных, тепловых, гидромеханических процессов. При этом интенсивность этих процессов во многом определяется характером теплообмена адсорберов с окружающей средой. Процессы диффузии и перераспределения компонентов в твердой фазе продолжаются в межэксплуатационный период из-за теплового воздействия окружающей среды на адсорберы. Поэтому функционирование концентратора кислорода должно характеризоваться различными состояниями в начальный момент пуска. Необходимо учитывать при управлении конечный профиль концентраций компонентов в твердой фазе в межэксплуатационном периоде, соответствующий тепловому воздействию окружающей среды на адсорберы. Поскольку работа системы концентрирования в таких режимах недостаточно изучена, необходимо исследование этих режимов как с применением натуральных экспериментов, когда это возможно, так и с помощью математического моделирования.

Упрощенная технологическая схема процесса концентрирования кислорода в воздушной смеси представлена на рис. 1, где приняты следующие обозначения: А – адсорбер; ПР – побудитель расхода; Д – дроссель; К – клапан.

Опишем работу концентратора кислорода. Влажный воздух под давлением подается побудителем расхода ПР в коллектор с помощью клапанов  $K_{1,1}$ ,  $K_{1,2}$ . В момент времени когда открыты клапаны  $K_{1,1}$ ,  $K_{2,2}$ , клапаны  $K_{1,2}$ ,  $K_{2,1}$  закрыты. Исходная влажная воздушная смесь через клапан  $K_{1,1}$  поступает в адсорбер



**Рис. 1. Упрощенная технологическая схема процесса адсорбционного концентрирования кислорода в воздушной смеси**

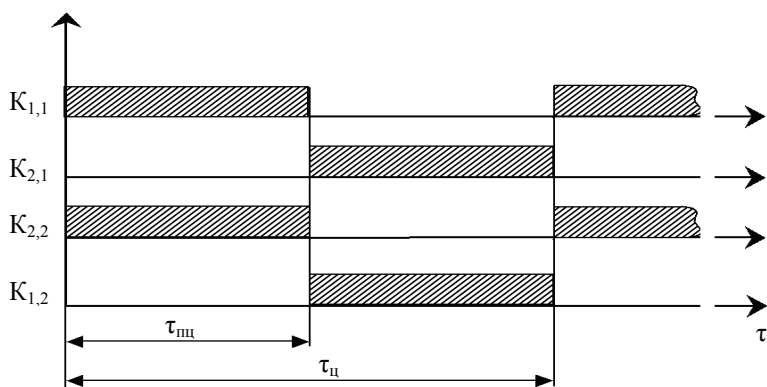


Рис. 2. Циклограмма переключения клапанов

$A_1$ , заполненный цеолитом, который селективно поглощает воду и азот из компонентов исходной воздушной смеси. Через обратный клапан  $K_{3,1}$  выходит концентрированная кислородом газовая смесь. Часть этой смеси дросселируется до давления окружающей среды в дросселе  $D$  и противотоком выводится в адсорбер  $A_2$ .

Взаимодействие концентрированной кислородом смеси с адсорбентом, насыщенным азотом в течение предшествующей стадии адсорбции, приводит к десорбции кислорода и воды, то есть происходит регенерация адсорбента. Через клапан  $K_{2,2}$  сбрасывается смесь, концентрированная азотом. Переключение клапанов осуществляется через равные полуциклу промежутки времени  $\tau_{шц}$ .

Согласованная работа адсорберов, входящих в состав концентратора кислорода происходит путем переключения клапанов в соответствии с циклограммой, изображенной на рис. 2.

Система адсорбционного концентрирования кислорода в воздушной смеси может быть представлена как совокупность взаимодействующих подсистем: адсорбер  $A_1$ , адсорбер  $A_2$ , потребитель расхода, ресивер, клапаны обратные, дроссель, клапаны управляемые, система управления, система энергоснабжения, по-

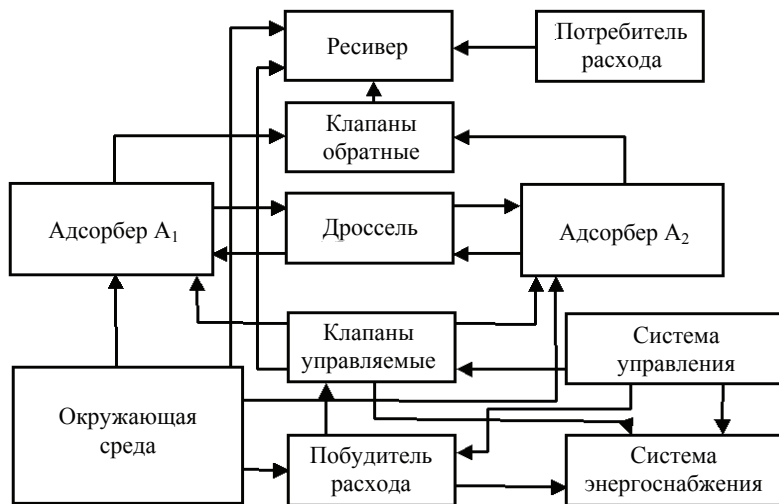
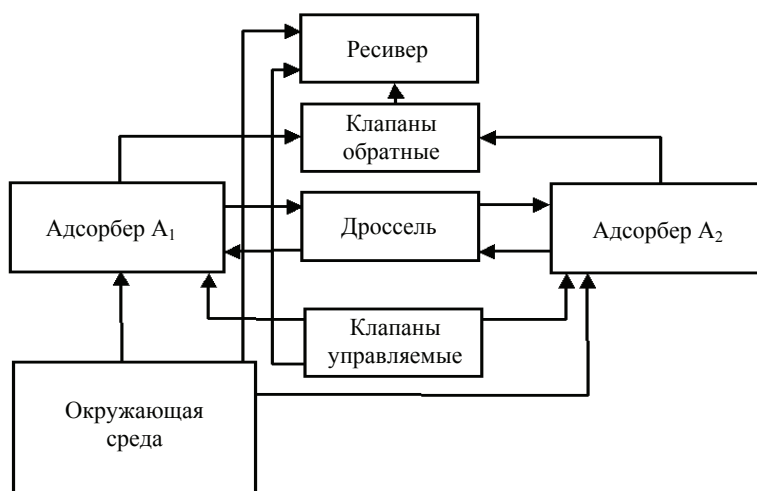


Рис. 3. Структурная схема взаимодействия подсистем адсорбционного концентрирования кислорода на этапе функционирования



**Рис. 4. Структурная схема взаимодействия подсистем адсорбционного концентрирования кислорода на межэксплуатационном этапе**

будитель расхода, окружающая среда. Ее структурная схема представлена на рис. 3. Структурная схема взаимодействия подсистем на межэксплуатационном этапе представлена на рис. 4.

Таким образом, при разработке математического описания процесса адсорбционного концентрирования кислорода целесообразно придерживаться модульного принципа построения, который позволит рассчитывать технологическую схему с учетом межэксплуатационных периодов.

*Работа выполнена в рамках соглашения № 14.В37.21.2083 Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.*

#### *Список литературы*

1. Шумяцкий, Ю.И. Промышленные адсорбционные процессы : учеб. пособие / Ю.И. Шумяцкий. – М. : КолосС, 2009. – 183 с.

## **The Process of Oxygen Adsorption Concentration under Temperature Fluctuations of Environment**

S.A. Skvortsov<sup>1</sup>, S.S. Matashkov<sup>1</sup>, Yu.M. Smolin<sup>2</sup>

*Department “Information Processes and Control”, TSTU (1);  
State Research Institute of Chemical Analysis, St. Petersburg (2);  
dfoxd@yandex.ru*

**Key words and phrases:** life support system; process; short-cycle adsorption process.

**Abstract:** The paper describes the structures of interaction of the subsystems of oxygen adsorption concentration process at various stages of operation.

## **Prozess der Adsorptionskonzentrierung des Sauerstoffes unter den Bedingungen der Temperaturschwingungen der Umwelt**

**Zusammenfassung:** Es sind die Strukturen der Wechselwirkung der Systemgruppen des Prozesses der Adsorptionskonzentrierung des Sauerstoffes in verschiedenen Etappen des Funktionierens entwickelt.

---

## **Processus de la concentration absorbante de l'oxygène dans les conditions des oscillations de température de l'environnement**

**Résumé:** Sont élaborées les structures de l'interaction des sous-systèmes du processus de la concentration absorbante de l'oxygène aux différentes étapes du fonctionnement.

---

**Авторы:** *Скворцов Сергей Александрович* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные процессы и управление»; *Маташков Сергей Сергеевич* – аспирант кафедры «Информационные процессы и управление», ФГБОУ ВПО «ТГТУ»; *Смолин Юрий Михайлович* – главный метролог, начальник лаборатории, ОАО «Государственный научно-исследовательский химико-аналитический институт», г. Санкт-Петербург.

**Рецензент:** *Погонин Василий Александрович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Информационные процессы и управление», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

---