

УДК 621.565:621.59

**М.Б. Кравченко**, канд. техн. наук

Одесская национальная академия пищевых технологий, Учебно-научный институт холода, криотехнологий и экоэнергетики им. В.С. Мартыновского, ул. Дворянская, 1/3, г. Одесса, Украина, 65082

e-mail: [krautchenko@i.ua](mailto:krautchenko@i.ua)ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9310-2166>

## ВОЛНОВАЯ АДСОРБЦИЯ: МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В DP-PSA-УСТАНОВКЕ

*Волновой подход к описанию периодических процессов адсорбции и десорбции позволяет с единых позиций рассматривать различные адсорбционные технологии разделения газовых смесей. Приводится описание построения математической модели сравнительно новой адсорбционной технологии для разделения газовых смесей, известной как Dual Piston Pressure Swing Adsorption System. Основными преимуществами DP-PSA-технологии является практически полное разделение двухкомпонентной смеси в установке с одним адсорбером и существенное уменьшение затрат энергии на разделение газовой смеси. Проведён анализ адекватности математической модели реальным процессам на примере оптимизации системы для получения кислорода из воздуха. При оптимизации системы целевой функцией является концентрация производимого кислорода. В качестве оптимизируемых параметров выбраны: угол сдвига фаз движения поршней и соотношение объёмов, описанных поршнями. Оптимальная фаза движения поршня в цилиндре, заполненном воздухом, опережает на 51° фазу движения поршня в цилиндре, заполненном производимым кислородом. При этом концентрация кислорода на выходе из установки достигает величины 94,7 %. Оптимальное отношение объёмов, описанных поршнями, оказалось равным единице.*

**Ключевые слова:** Короткоцикловая адсорбция. Кислород. Азот. Цеолит.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Адсорбционные процессы нашли широкое применение во многих сферах человеческой деятельности.

Одним из первых и наиболее ярких применений адсорбентов стало использование активированного угля для поглощения отравляющих веществ в противогазах времен первой мировой войны. Эти устройства наглядно продемонстрировали основные технологические преимущества адсорбции — эффективность, универсальность и простоту реализации.

Стремление усовершенствовать процессы очистки воздуха дало мощный толчок экспериментальным и теоретическим исследованиям процессов адсорбции газов. Уже к началу 20-го века были заложены теоретические основы адсорбционной техники, которые используются до сих пор. В это же время были сформулированы и современные представления о статике, кинетике и динамике адсорбции.

В связи с постоянным усложнением технологий разделения и очистки технических газов, существующие методы расчета и проектирования адсорбционных процессов уже не соответствуют современным потребностям и нуждаются в обновлении.

Традиционный подход к адсорбционной очистке газов базируется на устаревшей парадигме: адсорбер с насыщенным адсорбентом либо меняют на новый, либо регенерируют. В последнем случае процесс регенерации адсорбента считается совершенно неза-

висимым от процесса поглощения газа. Иными словами, процесс очистки газа от примеси при традиционном подходе фактически считается одноразовым.

Терминология, принятая в адсорбционной технике, также отражает эту парадигму. Например, используем термины «поглощение примеси» или «адсорбция компонента газовой смеси» для описания целевого процесса, а совершенно несвязанный с ним термин «регенерация адсорбента» применяем для описания вспомогательного или необязательного процесса.

Пока процессы адсорбции использовались для очистки газов от микропримесей, традиционный подход вполне себя оправдывал. Для таких технологий адсорбционной очистки газов были разработаны простые инженерные методики расчётов, а также была выработана надёжная система критериев для выбора оптимальной марки адсорбента и контроля его качества.

Когда же адсорбционная техника начала использоваться для очистки газов от макропримесей или для разделения многокомпонентных газовых смесей, то оказалось, что старая парадигма уже не отвечает требованиям времени.

В современной промышленности все большее применение находят циклические процессы адсорбции, в которых процессы адсорбции и десорбции газа неразрывно связаны между собой и, по сути дела, представляют собой две составляющие одного процесса.