

УДК 621.593

<sup>1</sup>А.Н. Орешкин, <sup>2</sup>Н.А. Борзенко, <sup>3</sup>В.И. Липа, <sup>4</sup>Л.М. Федоренко

ПАО «Криогенмаш», пр. Ленина, 67, г. Балашиха Московской области, 143907

e-mail: <sup>1</sup>oreshkin@cryogenmash.ru; <sup>2</sup>natalia\_borzenko@cryogenmash.ru; <sup>3</sup>lipa@cryogenmash.ru;<sup>4</sup>l.fedorenko@omzglobal.comORCID: <sup>1</sup>http://orcid.org/0000-0002-2875-926; <sup>2</sup>http://orcid.org/0000-0003-0035-5584;<sup>3</sup>http://orcid.org/0000-0003-0177-4609; <sup>4</sup>http://orcid.org/0000-0003-0898-7519

## АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ БЛОКОВ КОМПЛЕКСНОЙ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ВОЗДУХОРАЗДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

*Блоки комплексной очистки (БКО) являются неотъемлемой частью современных воздуходелительных установок (ВРУ). Они предназначены для глубокой очистки воздуха от примесей перед его низкотемпературным разделением. Основное внимание всех ведущих фирм-производителей ВРУ при совершенствовании узла БКО направлено на снижение энергозатрат. Высокие требования к надёжности работы БКО, определяющего надёжность работы установки в целом, короткий цикл переключения адсорберов и сложная взаимосвязь параметров процессов исключают возможность ручного управления БКО и ставят задачу полной его автоматизации. Разработан алгоритм системы автоматического регулирования, позволяющий корректировать работу БКО с учётом изменения параметров очищаемого воздуха (расхода, давления и температуры), для обеспечения его эксплуатации в энергосберегающем режиме. Создана программа вычислительной части системы регулирования и выполнено её тестирование. Она может применяться в эксплуатируемых и вновь разрабатываемых воздуходелительных установках.*

**Ключевые слова:** Воздуходелительная установка. Блок комплексной очистки воздуха. Адсорбция. Регенерация. Автоматическое регулирование. Энергозатраты. Программа. Алгоритм. Циклограмма.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Комплексная очистка воздуха, т.е. одновременная очистка от паров воды, диоксида углерода и углеводородов на синтетических цеолитах типа NaX (13X) используется в технике криогенного разделения воздуха с начала 60-х годов [1]. В настоящее время блок комплексной очистки (БКО) — неотъемлемая часть современной воздуходелительной установки.

Блоки включают в себя, как правило, два попеременно работающих адсорбера и систему их регенерации. В то время, как в одном из адсорберов производится очистка воздуха (процесс адсорбции), в другом, — идёт процесс очистки сорбента от примесей потоком регенерирующего газа (регенерация адсорбента). Регенерация, включающая две стадии — нагрев и охлаждение адсорбента, является процессом, определяющим как эффективность очистки воздуха от примесей, так и величину энергетических затрат.

Попеременная работа адсорберов осуществляется автоматически по специальной циклограмме. Циклограмма построена таким образом, что время адсорбции, а также время нагрева и охлаждения адсорбента при его регенерации заданы жёстко. Также жёстко заданы расход и температура регени-

рующего газа. В результате работа БКО по жесткому циклу переключения адсорберов, рассчитанному на худшие условия, приводит к увеличению затрат энергии на процесс комплексной очистки. Из-за этого затраты энергии могут быть в два раза выше чем те, которые были бы необходимы для реализации процесса.

Задавая указанные величины, исходя из того, чтобы возможные отклонения параметров работы БКО (расхода и температуры очищаемого воздуха, а также расхода и температуры регенерирующего газа) от их проектных значений не приводили к ухудшению эффективности очистки воздуха. Если отклонения параметров значительны или их поддержание на уровне проектных значений затруднительно, то эксплуатация установки разделения не допускается. Такой порядок работы БКО ещё допустим на установках, рассчитанных на какой-то фиксированный режим работы. Если же проектом установки разделения предусматриваются значительные изменения по расходу перерабатываемого воздуха, то изменение параметров цикла работы БКО представляет значительные трудности из-за довольно сложной взаимосвязи параметров адсорбции и регенерации. Произвольный (не подкреплённый расчетом) выбор параметров процесса приведет