

S. Pontryagin obtained in the analytical form the speed-optimal control law and proposed its implementation using an adaptive digital phase discriminator (PD)

The use of adaptive digital PD, which is protected by the patent of Ukraine for invention, in the synthesizer of precise time marks provides optimal control of the shape of the phase discriminator (PD) characteristics, the minimum duration of the transient process and the improvement of the quality indicators of the generated exact time marks. The transfer of synchronization information by the existing IP networks based on the modern PTP protocol will enable reliable provision of integrated power supply systems with timestamps with accuracy class T5 in accordance with the requirements of IEC 61850-90-5.

Keywords: *power supply, Smart Grid, timestamps, synchronization, PTP protocol, auto-tuning, optimization, performance, adaptive digital phase discriminator*

УДК 621:541:183

ДО ПИТАННЯ ПРО СУШІННЯ ГАЗІВ НА ОСНОВІ КОРОТКОЦИКЛОВОЇ БЕЗНАГРІВНОЇ АДСОРБЦІЇ

Б. Х. ДРАГАНОВ, доктор технічних наук, професор
*Національний університет біоресурсів
і природокористування України*

Ю. Ф. СНЄШКІН, доктор технічних наук, професор
Інститут технічної теплофізики НАН України
E-mail: epafort1@mail.ru

Анотація. *Мета дослідження – аналіз процесів сушіння газів на основі короткоциклової безнагрівної адсорбції.*

Наведено основні відомості про адсорбцію, теорію молекулярної адсорбції, структури адсорбентів, а також основи сушіння газоподібних тіл на основі адсорбційної техніки.

Встановлено, що основною перевагою короткоциклової адсорбції є вища продуктивність установок за зіставних габаритів та відсутності допоміжних пристроїв для нагрівання регенеруючого повітря.

Ключові слова: *сушіння газів, адсорбція, хемосорбція, адсорбент короткоциклова безнагрівна адсорбція*

Актуальність. *Адсорбцією називають концентрування речовин на поверхні розподілу фаз або в об'ємі пор твердого тіла. У процесі адсорбції беруть участь щонайменше два агенти: тіло, на поверхні або в об'ємі пор якого відбувається концентрування речовини, яка поглинається (її називають адсорбентом), і сама речовина. Остання, якщо вона знаходиться в газовій або рідкій об'ємній фазі, тобто в неадсорбованому*

© Б. Х. Драганов, Ю. Ф. Снєшкін, 2018

стані, називається адсорбтивом, а після того, як вона перейшла в адсорбований стан – адсорбатом.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Будь-яка тверда речовина має поверхню, а значить, потенційно є адсорбентом. Однак у техніці використовують тверді адсорбенти з сильно розвиненою внутрішньою поверхнею (об'ємом пор). Розвиток внутрішньої поверхні (об'єму пор) у твердому тілі досягається створенням спеціальних умов у процесі його синтезу або в результаті додаткової обробки [1].

Адсорбція є процесом мимовільним і екзотермічним, тобто її протікання супроводжується виділенням тепла.

На відміну від фізичної адсорбції, при хемосорбції не зберігається індивідуальність адсорбтиву і адсорбенту. При зближенні молекул адсорбтиву з поверхнею відбувається перерозподіл електронів взаємодіючих компонентів з утворенням хімічного зв'язку. Якщо фізичну адсорбцію можна порівняти з конденсацією, то хемосорбційний процес повинен розглядатися як хімічна реакція, яка протікає на поверхні розподілу фаз [2].

Фізичну і хімічну адсорбцію можна розрізнити за теплою адсорбції. Теплота фізичної адсорбції порівняна з теплою конденсації речовин і не перевищує 120 кДж/моль. Теплота хемосорбції 1 моль речовини досягає декількох сотень кілоджоулів. Хемосорбція, зазвичай, протікає з невеликою швидкістю.

Тверді сорбенти, як правило, відрізняються «ажурною» внутрішньою структурою, яка містить пори різного розміру. Залежно від розмірів пори поділяють на три типи: мікро-, мезо-, і макропори.

Як верхню межу розміру мікропор приймають радіус 1,5 нм. Сумарний об'єм мікропор промислових адсорбентів, як правило, не перевищує 0,5 см³/г.

Мета дослідження – аналіз процесів сушіння газів на основі короткоциклової безнагрівної адсорбції.

Матеріали і методи дослідження. Розглянемо основи сушіння повітря на базі адсорбційної установки. При цьому використовується система з короткоциклової та безнагрівної адсорбції.

Зазвичай, як адсорбент у короткоциклових установках використовують силікагель. Спочатку селікагелеву установку застосовували тільки для осушення природного газу, але в процесі експлуатації було встановлено, що поряд із вологою відбувається виділення вуглеводнів бензинового ряду, і осушувальні установки стали переобладнувати в установки, що поєднують функції осушення та збензинювання.

Селікагель охолоджують сухим або вологим газом. В останньому випадку потрібно звернути увагу на те, щоб напрямки потоків газу на стадіях охолодження збігалися.

Досягнення високого та стабільного ступеня осушення можливе тільки за достатньої тривалості та безперервної експлуатації адсорбційної установки. У період зупинки волога, унаслідок дифузії, накопичується в основній апаратурі й комунікаціях, що значно погіршує сухість газу після повторного пуску. Особливо сильне зволоження апаратури відзначається

після періодичних гідравлічних випробувань, які проводять за допомогою води.

Схеми короткоциклової установки дуже прості. Тривалість стадій адсорбції, десорбції та охолодження становить 30–60 хв і залежить від продуктивності установки за переробленим газом, маси адсорбенту і вмісту в газі видобутих компонентів.

Зроблено численні спроби вдосконалити короткоцикловий процес [3]. У одному з варіантів осушення природних газів методом періодичної адсорбції з трьома стадіями (адсорбція, десорбція, охолодження) досягнуто збільшення ступеня вилучення шкідливих домішок.

Результати досліджень та їх обговорення. Дослідження показують, що можливе проведення регенерації без підведення тепла – тільки шляхом зниження тиску і (або) продувки газу частиною очищеного потоку.

Цей принцип регенерації покладено в основу короткоциклових безнагрівних адсорбційних установок, які отримали широке застосування, у першу чергу, для сушіння газу. Принцип короткоциклової безнагрівної адсорбції на прикладі сушіння повітря пояснює рис.1 [4].

Стиснене повітря, яке надходить в установку, проходить через клапан 1а в адсорбер 2а, де осушується в результаті контакту з відрегенованим адсорбентом. Основна частина осушеного повітря (сухий прямий потік) проходить через зворотний клапан 3а і виводиться з установки споживачеві. Інша частина осушеного повітря (сухий зворотний потік) дроселюється за допомогою вентиля 4 до тиску нижчого, ніж тиск за адсорбції (зазвичай до атмосферного), проходить другий адсорбер, регенеруючи розміщений в ньому адсорбент, і через клапан 5б як вологий зворотний потік скидається в атмосферу.

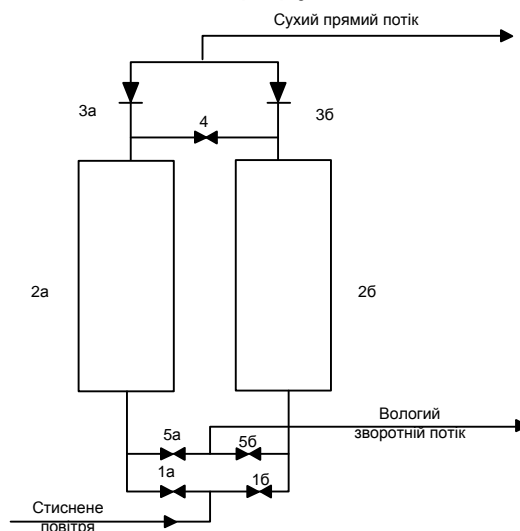


Рис. 1. Схема установки короткоциклового безнагрівного осушення:

1, 5 – автоматичні клапани; 2 – адсорбер; 3 – зворотні клапани; 4 – дроселюючий вентиль

Через незначний проміжок часу, який не перевищує, зазвичай, декількох хвилин, пневмо- і електрокеровані клапани серії «а» переключаються,

одночасно відкриваються клапани серії «б» і адсорбер. Роботу адсорбера в одній зі стадій (адсорбції або десорбції) називають напівцикл.

Короткоциклові установки безнагрівної адсорбції відрізняються компактністю, унаслідок чого їх легко переміщувати. Якщо осушенню піддавати не повітря, а газ, його втрат можна уникнути, приєднуючи зворотний потік до газу, який спрямовується на сушіння. Відсутність витрат тепла на нагрівання адсорбенту є однією з причин, яка забезпечує високу економічну ефективність установок такого типу. Водночас, необхідно враховувати, що безперервна експлуатація короткоциклової установки можлива тільки за умови надійної та швидкодіючої системи керування потоками.

Установки короткоциклового безнагрівного осушення тільки через значний час після пуску починають давати якісний продукт.

Надалі в схему було внесено ряд цінних удосконалень. Запропоновано, наприклад, для зменшення витрат повітря, що йде на регенерацію, а також для більш плавного підйому тиску в адсорбері за його перемикання зі стадії регенерації на стадію адсорбції, використовувати додаткову ємкість. На рис. 2 показаний один із варіантів підключення цієї ємкості.

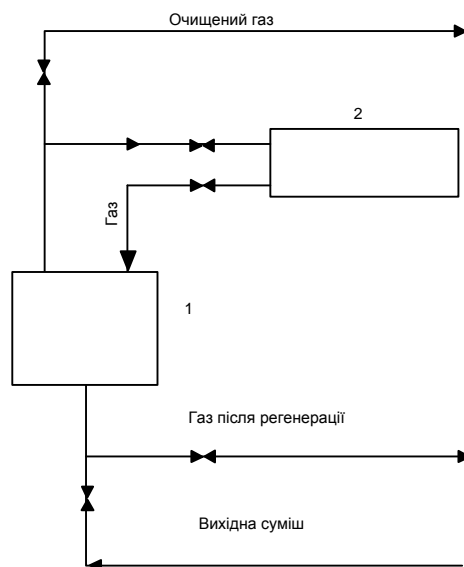


Рис. 2. Схема установки короткоциклового безнагрівного очищення з одним адсорбером (1) і ресивером (2)

Проміжна ємкість у стадії адсорбції має тиск, що дорівнює тиску в адсорбері. Газ, що заповнює її, служить спочатку для регенерації шару, а потім для плавного підйому тиску за переходу від стадії регенерації до стадії адсорбції. Плавний підйом тиску зменшує стирання адсорбенту внаслідок гідравлічних поштовхів і сприяє збільшенню ступеня осушення. Установка, зображена на рис. 2, послужила прототипом одноадсорбних установок безнагрівного осушення [5].

Межі продуктивності короткоциклових установок дуже широкі: від 2 до 3800 м³/год. Газ осушують при тиску 0,4–1,0 МПа. Ступінь сушіння стисненого газу відповідає точці роси від -40 до -90 ° С і збільшується зі зниженням температури вихідного повітря і зростанням тиску.

Короткоциклові безнагрівні установки застосовують не тільки для сушіння і очищення газів, а й для поділу дво- або трикомпонентних газових сумішей. Прикладом поділу двокомпонентних сумішей є отримання збагаченого киснем повітря з використанням як адсорберу цеоліту CaA або NaX. Цеоліт вибірково поглинає азот з повітря. Збагачене киснем повітря (30– 75 % O₂) отримують як первинний потік. Процес проводять за тиску 0,2–0,6 МПа; тривалість напівциклу становить від 40 с до 2,5 хв. Приблизно половина потоку, яка виходить із адсорбера, витрачається на регенерацію адсорбенту. Одночасно зі збагаченням відбувається сушіння газу та очищення його від діоксиду вуглецю.

Висновки і перспективи. Основною перевагою короткоциклової адсорбції є вища продуктивність установок за зіставних габаритів та відсутності допоміжних пристроїв для нагрівання регенеруючого повітря.

Список літератури

1. Серпионова Е. Н. Промышленная адсорбция газов и паров / Е. Н. Серпионова. – М. : Высшая школа, 1969. – 416 с.
2. Киселев А. В. Курс физической химии Т. 1. / А. В. Киселев ; под ред. Я. И. Герасимова. – М. : Химия, 1969. – 509 с.
3. Patent 3477206, USA. Gas treatment by absorption / Russell G. F.; declared 1965 – 10 – 07; published 1969 – 11 – 11.
4. Лишнеvский М. И. Безнагреvные установки осушки сжатого воздуха / М. И. Лишнеvский. – М. : ЦНИТЭнефтехим, 1969. – 53 с.
5. Кельцев Н. В. Основы адсорбционной техники / Н. В. Кельцев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1984. – 592 с.

References

1. Serpionova, E. N. (1969). Promyshlennaya adsorbtsiya gazov i parov [Industrial adsorption of gases and steam]. Moskow: Vysshaya shkola, 416.
2. Kiselev, A. V. (1969). Kurs fizicheskoy khimii T. 1. [Course of Physical Chemistry T.1]. Moskow: Khimiya, 509.
3. Patent 3477206, USA. Gas treatment by absorption. Russell G. F.; declared 1965 – 10 – 07; published 1969 – 11 – 11.
4. Lishnevskiy, M. I. (1969). Beznagrevnyye ustanovki osushki szhatogo vozdukha [Free air drying of compressed air]. Moskow: TSNIT·Eneftekhim, 53.
5. Kel'tsev, N. V. (1984). Osnovy adsorbtsionnoy tekhniki [Basics of adsorption technique]. Moskow: Khimiya, 592.

К ВОПРОСУ О СУШКЕ ГАЗОВ НА ОСНОВЕ КОРОТКОЦИКЛОВОЙ БЕЗНАГРЕВНОЙ АДСОРБЦИИ

**Б. Х. Драганов,
Ю. Ф. Снешкин**

***Аннотация.** Целью исследования был анализ процессов сушки газов на основе короткоцикловой безнагревной адсорбции.*

Приведены основные сведения об адсорбции, теории молекулярной адсорбции, структуры адсорбентов. Приведены основы сушки газообразных тел на основе адсорбционной техники.

Установлено, что основным преимуществом короткоциклового адсорбции является высокая производительность установок при сопоставимых габаритах и отсутствии вспомогательных устройств для нагрева регенерирующего воздуха.

Ключевые слова: сушка газов, адсорбция, хемосорбция, адсорбент, короткоцикловая безнагревная адсорбция

TO THE QUESTION OF DRINKING GASES ON THE BASIS OF SHORT-CIRCULAR NON-ADDRESSING ADSORPTION

B. Draganov,
Yu. Sneshkin

Abstract. The purpose of the study was to analyze the processes of drying gases on the basis of short-cycle heat-free adsorption.

In the article the basic information about adsorption, the theory of molecular adsorption, structure of adsorbents is given. The bases of drying of gaseous bodies on the basis of adsorption technique are given.

It is established that the main advantage of short-cycle adsorption is the higher productivity of plants at comparable dimensions and the absence of auxiliary devices for heating regenerating air.

Keywords: drying of gases, adsorption, chemisorption, adsorbent, short-cycle non-heating adsorption

УДК 535.372

ЛЮМІНЕСЦЕНТНІ ВЛАСТИВОСТІ ОРТОФОСФАТУ БІСМУТУ ЛЕГОВАНОГО ІОНАМИ ЄВРОПІУ ТА ПРАЗЕОДИМУ

В. В. БОЙКО, кандидат фізико-математичних наук, доцент

В. П. ЧОРНІЙ, кандидат фізико-математичних наук

*Національний університет біоресурсів
і природокористування України*

С. Г. НЕДІЛЬКО, доктор фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник

К. В. ТЕРЕБІЛЕНКО, кандидат хімічних наук, доцент

М. С. СЛОБОДЯНИК, доктор хімічних наук, професор

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

E-mail: vchornii@gmail.com

Анотація. Подано результати досліджень люмінесцентних властивостей ортофосфату бісмуту BiPO_4 , легованого іонами Eu^{3+} та