

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
МАЛА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА”



МІНІСТЕРСТВО
ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ



United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization

М.А.Н.

Мала академія наук
України під егідою
ЮНЕСКО

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ XVI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ “АКАДЕМІЧНА Й УНІВЕРСИТЕТСЬКА НАУКА: РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ”



205

років освітніх традицій

12-13 ГРУДНЯ 2023 РОКУ

2. Preparation of robust hydrogen evolution reaction electrocatalyst WC/C by molten salt / P. Yan et al. *Nanomaterials*. 2020. Vol. 10, Iss. 9. P. 1621.

3. Bosenko O., Kuleshov S., Bykov V., Omel'Chuk A. Electrochemical reduction of tungsten (VI) oxide from a eutectic melt CaCl₂-NaCl under potentiostatic conditions. *Journal of the Serbian Chemical Society* 2022, Vol.87, Iss. (7-8), 879-889.

4. Novoselova I. A., Kuleshov S. V., Fedoryshena E. N., Bykov V. N. Electrochemical synthesis of tungsten carbide in molten salts, its properties and applications. *ECS Transactions*. 2018 . Vol. 86, № 14. P. 81-94.

УДК 532.529.5

ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ГІДРАТОУТВОРЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ МІКРОБУЛЬБАШОК

Б. А. Кутний

Національний університет «Полтавська політехніка ім. Юрія Кондратюка»

1. Вступ. Синтез газових гідратів є основою багатьох перспективних технологій: зберігання та транспортування газу, акумуляторів теплоти, розділення газових сумішей, опріснення води тощо. Газогідрати застосовуються як робочі тіла в різноманітних технологічних процесах для: зберігання і транспортування газу, безкомпресорного стискування газів [1], розділення газових сумішей [2], виробництва акумулювання холоду [3], штампуванні деталей [4]. Використовувати газогідратну технологію також доцільно для підвищення ефективності видобування і підготовки природного газу при розробці газових і газоконденсатних родовищ у період зниження пластового тиску [5]. Одним з перспективних напрямів застосування газогідратних технологій є утилізація та захоронення діоксиду вуглецю (CCS) [6]. Основою для багатьох газогідратних технологій є промисловий синтез газових гідратів.

Однією з головних задач промислового синтезу газогідратів є отримання газогідрату у великих кількостях при мінімальних енерговитратах. Відомо, що зменшення розміру бульбашок призводить до значної інтенсифікації тепло- і масообмінних процесів в установках барботажного типу. Результати теоретичних розрахунків для апаратів синтезу газових гідратів показують аналогічну ситуацію. Саме тому варто виконати експериментальне дослідження цього явища з метою інтенсифікації гідратоутворення та перевірки даної гіпотези.

Метою дослідження є підвищення ефективності промислового синтезу газогідратів шляхом оптимізації характеристик форсунки та термобаричних умов в реакторі.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- розробити експериментальну дослідну установку;
- розробити технологію отримання мікробульбашок газу у воді при термобаричних умовах гідратоутворення;
- провести серію експериментальних досліджень для визначення ККД гідратоутворення при застосуванні мікробульбашок газу;
- встановити фактори які мають найбільшу кореляцію з ККД гідратоутворення та отримати регресійні залежності.

Дослідна установка. Для проведення експериментальних досліджень синтезу ГГ пропану за допомогою мікробульбашок нами розроблена установка, схему якої представлено на рис.1. Загальний вигляд установки зображено на фото, рис.2.

Газ з балона 1 через вентиль 2 надходить в змінну насадку 5, а з неї попадає в прозорий реактор 3, який заповнено водою з льодом 4. Витрати газу регулюються голковим вентилям 6 і вимірюються газовим лічильником 7. Тиск газу перед насадкою визначається за допомогою манометра P1, а тиск в реакторі – манометра P2. Температурний режим газу до реактора, після реактора та температура води фіксуються термометрами T1, T2 та Tw.

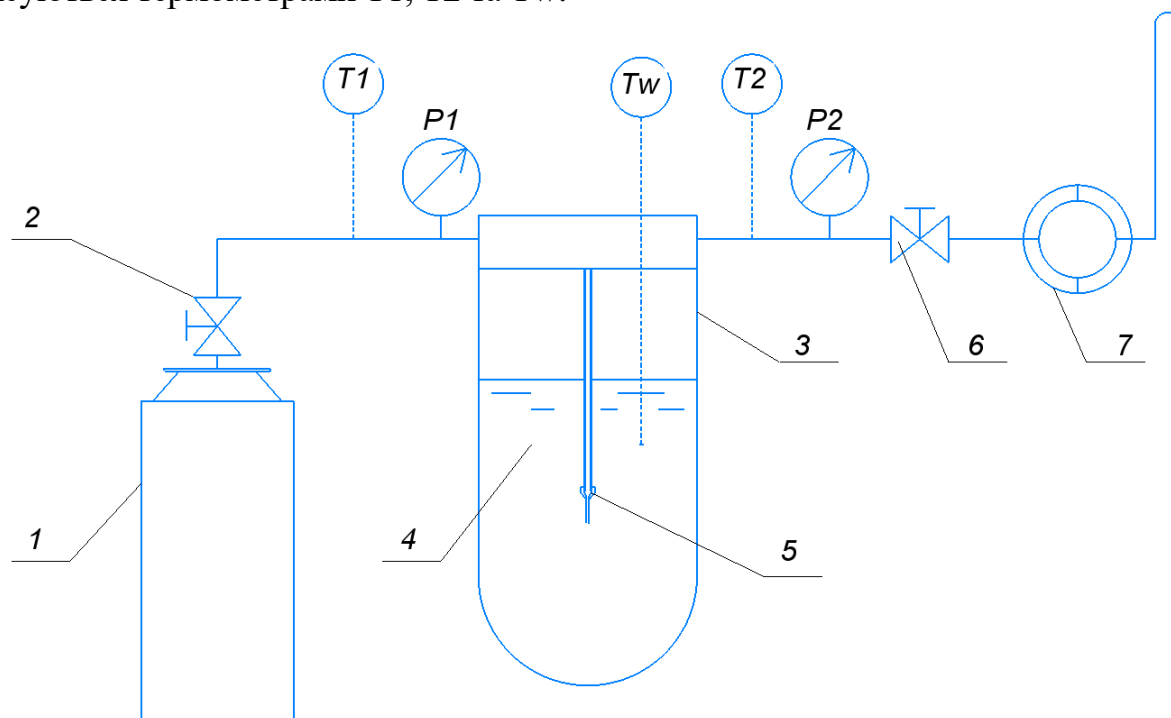


Рис.1. Схема дослідної установки

1 - балон газовий; 2 - вентиль голковий на балоні; 3 - реактор з прозорою колбою; 4 - вода; 5- трубка подачі газу зі змінною насадкою; 6 – вентиль голковий; 7- лічильник витрат газу

Для оцінки працездатності установки та виявлення головних факторів, які впливають на процес гідратування було проведено попередні дослідження. Вони показали, що інтенсивність гідратування залежить від ряду факторів: температури рідини, температури газу, тиску газу в реакторі, різниці тисків до і після форсунки, складу газів газової суміші, виду і концентрації поверхнево-активних речовин (ПАР), конструкції форсунки.

Також було виявлено характер впливу окремих факторів. Зокрема:

- зниження температури рідини інтенсифікує процес гідратування, проте підвищується імовірність обмерзання насадки;
- при від'ємних температурах газу на виході з насадки спостерігається її обмерзання;
- підвищення загального тиску в реакторі призводить до інтенсифікації синтезу газогідрату, проте частину тиску необхідно втратити на насадці для отримання мікробульбашок;

- кількість мікробульбашок у воді залежить від концентрації ПАР та зростає при збільшенні швидкості виходу газу з форсунки.

Бульбашки розміром менше 100 мкм відносять до мікробульбашок. Для них характерна відсутність коалесценції, швидкість спливання точно відповідає закону Стокса, критерій Рейнольдса не перевищує 1. За результатами експериментальних даних середні розміри мікробульбашок знаходяться в межах 60-70 мкм.

Для інтенсифікації синтезу ГГ конструкція насадки повинна вирішувати одразу декілька завдань: створювати максимальну кількість мікробульбашок у воді; не забиватися; не обмерзати.

Для насадок без сопла характерні швидкості газу 114-133 м/с, що відповідає критеріям Рейнольдса $(4,7 \dots 7,9) \cdot 10^4$. Укорочені трубки (довжиною 22-26 діаметрів) насадки використовують лише 35÷51% діючого перепаду тиску. Практично уся інша частина перепаду тиску передається бульбашкам, які розширюються в рідині а газ в них охолоджується. Це перспективний варіант насадки для отримання газових гідратів.

Для довгої трубки (86 діаметрів) характерні значно більші втрати тиску (99,9%), що з урахуванням ефекту Джоуля-Томпсона призводить до обмерзання такої насадки. На розширення газу в бульбашках не залишається тиску, що погіршує охолодження газу і негативно позначається на кількості синтезованого газогідрату.

Отримані результати показують що насадки з патрубками малої довжини ($l/d_v \leq 23$) показують найменшу частку втрат тиску (35%), порівняно з іншими насадками. Також на коротких насадках втрати тиску по довжині практично вдвічі менші аніж на місцевих опорах. Це дозволяє збільшити перепад тиску за рахунок якого буде відбуватися розширення утворених бульбашок, що внаслідок ефекту Джоуля-Томпсона, збільшує відбір теплоти з області гідратоутворення та призводить до інтенсифікації синтезу ГГ.

Література:

1. Газотурбінний привід з газогідратним дотискувачем паливного газу [Електронний ресурс] / В.В. Клименко, М.В. Босий, В.П. Парафійник, С.О. Прилипко // Холодильна техніка та технологія. – 2014. – № 4 (150) – С. 10 – 37. – Режим доступу http://nbuv.gov.ua/UJRN/htit_2014_4_8
2. Семенов А.П. Газогидратное разделение газовых смесей / А.П. Семенов, В.А. Винокуров // Тезисы докладов, Международная конференция «Перспективы освоения газогидратных месторождений» (17–18 ноября 2009 г.). – К., – 2009. – С. 156 – 159.
3. Клименко В.В. Підвищення ефективності використання природного холоду в плодоовочесховищах / В.В. Клименко, О.В. Скрипник, М.В. Личук // Холодильна техніка та технологія. – 2013. – Т. 49, № 6. – С. 55 – 59.
4. Скрипник О.В. Виготовлення безпористих деталей з використанням газогідратних технологій / О.В. Скрипник, В.В. Клименко, В.В. Свяцький, А.А. Віхтоденко // Scientific Horizons – 2015: materials of the XI International scientific and practical conference, september 30 – october 7, Sheffield, UK. – Sheffield: Science and education LTD, 2015. – Vol. 11. Technical sciences. Construction and architecture. – P. 27 – 29.
5. Підвищення ефективності видобування і підготовки газу з виснажених родовищ шляхом застосування газогідратної технології / В.В. Клименко, М.Л. Зоценко, О.В. Бандуріна, Л.О. Педченко // Сучасні технології в машинобудуванні, транспорті та гірництві: Вісн. КрНУ ім. М. Остроградського. – 2012. – Вип. 2(73). – С. 92 – 95.
6. Скрипник О.В. Перспективні напрямки технологічного застосування гідратів двооксиду вуглецю / О.В. Скрипник, В.В. Свяцький // Вісник Херсонського національного технічного університету. – Херсон : ХНТУ. – 2017. – № 2(61). – С. 114 – 118.