

Міністерство освіти і науки України  
Департамент екології та природних ресурсів Полтавської ОДА  
Муніципалітет м. Фільдерштадт, Німеччина  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний університет ім. І. Сікорського»  
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова  
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського  
Національний університет «Львівська політехніка»  
Харківський національний автомобільно-дорожнього університет  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова  
Національний університет цивільного захисту України  
Вінницький національний технічний університет  
Одеський державний екологічний університет  
Сумський технічний університет  
Universität für Bodenkultur Wien  
The University of Stuttgart  
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH  
Kazakh National Technical University named after K.I.Satbaev  
«Todor Kableshkov» University of Transport  
South West University «Neofit Rilski»  
Slovak University of Technology in Bratislava (STU)  
ТОВ «Хайсенс Україна» (HISENSE, КНР)  
ДП Україна ГЕРЦ (HERZ, Австрія)  
ТОВ «СИСТЕМЕЙР» (SYSTEMAIR, Швеція)  
ТОВ «РЕХАУ» (REHAU, Німеччина)  
ПП «Вент-Сервіс»  
ТОВ «НЬЮФОЛК НКЦ»

## **ЗБІРНИК ТЕЗ**



**I МІЖНАРОДНА НАУКОВО-  
ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
"СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ  
ТЕПЛОЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ ТА  
ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ"**

**ПОЛТАВА  
21-22 ВЕРЕСНЯ 2023**

УДК 620.9:502.17](06)

Відповідальний за випуск: завідувач кафедри теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики, к. т. н., проф. Юрій ГОЛІК.

«Сучасні проблеми теплоелектроенергетики та захист довкілля. 2023»: Збірник матеріалів I Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми теплоелектроенергетики та захист довкілля» (21-22 вересня 2023 року, Полтава). Полтава: НУПП, 2023. 87 с.

Учасники конференції – міжнародні експерти, почесні гості, науковці, шкільна й студентська молодь та освітяни – розглядають проблеми енергозбереження, альтернативної енергетики та охорони навколишнього природного середовища, ведуть пошук спільних науково-методичних та практичних підходів, шляхів вирішення проблем освіти в теплоенергетиці та технологіях захисту довкілля, тенденцій та перспектив розвитку цих галузей науки, зокрема в умовах воєнного стану.

Матеріали подано мовами оригіналів. За викладення, зміст і достовірність матеріалів відповідають автори.

Оргкомітет конференції.

© Національний університет  
«Полтавська політехніка  
імені Юрія Кондратюка», 2023 рік

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОБУЛЬБАШОК ДЛЯ СИНТЕЗУ ГІДРАТУ ПРОПАНУ**

Відомо, що зменшення розміру бульбашок сприяє інтенсифікації тепломесобмінних процесів у барботажних установках. Метою даної роботи є дослідження впливу мікробульбашок на процес синтезу газових гідратів. У роботі розглянуто теоретичні та експериментальні дослідження синтезу гідрату пропану з пропан-бутанової суміші, встановлено ключові фактори, які впливають на ККД процесу гідратоутворення.

Газогідрати (далі – ГГ) застосовуються як робочі тіла в різноманітних технологічних процесах для: безкомпресорного стискування газів [1], розділення газових сумішей [2], виробництва акумулювання холоду [3], штампуванні деталей [4]. Використовувати газогідратну технологію також доцільно для підвищення ефективності видобування й підготовки природного газу при розробці газових і газоконденсатних родовищ у період зниження пластового тиску [5].

Бульбашки розміром менше 100 мкм належать до мікробульбашок. Для них характерна відсутність коалесценції, швидкість спливання точно відповідає закону Стокса, критерій Рейнольдса не перевищує 1. Окремим важливим питанням є утворення мікробульбашок. Відомо декілька способів отримання мікробульбашок: шляхом пропускання газорідинної суміші через сітки, за допомогою електролізу, шляхом «розмелювання» газорідинної суміші відцентровим насосом, введення газу в трубу Вентурі, кавітація тощо. Орієнтуючись на швидкість спливання, можна визначити середній розмір мікробульбашок газу у воді.

Для інтенсифікації синтезу ГГ конструкція насадки повинна вирішувати одразу декілька завдань: створювати максимальну кількість мікробульбашок у воді, не забиватися, не обмерзати. Розмір і кількість бульбашок газу у воді залежить від ряду факторів: температури рідини, температури газу, тиску газу, різниці тисків до і після форсунки, складу газів газової суміші, виду і концентрації поверхнево-активних речовин (ПАР), конструкції форсунки.

Загалом досліджувалися два види насадок: а – патрубок малого діаметру різної довжини, б – патрубок різної довжини, який завершується соплом (рис.1).

Отримані результати показують, що насадки (тип а, рис.1.) з патрубками малої довжини ( $l/d_b=23$ ) 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-Томсона, збільшує відбір теплоти з області гідратуутворення та призводить до інтенсифікації синтезу ГГ. Насадка з мінімальним внутрішнім діаметром використовує увесь наявний перепад тиску й на розширення бульбашок тиску практично не залишається. Відсутність внутрішнього джерела холоду призводить до зменшення гідратуутворення, що і підтверджується результатами натурних експериментів ( $\text{ККД} \approx 1\%$ ). Також сопло в такому режимі може обмерзати.

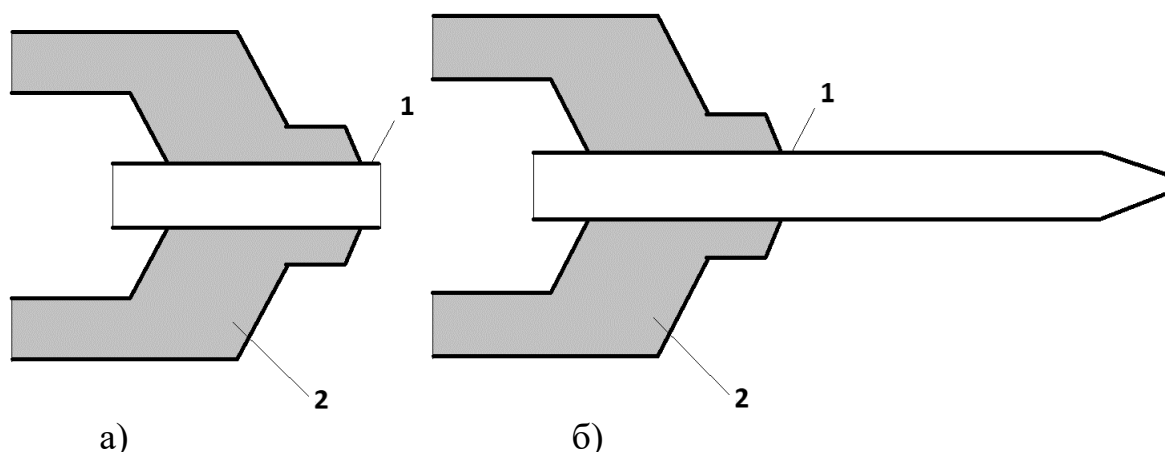


Рис.1. Конструкція насадок різних типів:  
1 – сталевий патрубок, 2 – фрагмент кріплення патрубку

Насадка типу б може працювати в критичному режимі. Масові витрати газу у цих насадок приблизно втричі менші, ніж для насадок типу а. Швидкість газу на виході у 2,5-3 рази є більшою. Малі витрати газу призводять до значного перепаду тиску, а це призводить до інтенсивного охолодження газу і насадка обмерзає. У насадках типу а при великих витратах газу тиск у балоні просідає й насадка менш інтенсивно обмерзає.

Результати експерименту показують, що для насадок із соплом значення критерія Рейнольдса знаходяться в межах  $(1 \dots 1,5) \cdot 10^4$ . Швидкість у трубках цих насадок порівняно не велика й становить  $15 \div 27$  м/с. Втрати тиску становлять  $1 \div 5$  кПа, що загалом складає від 0,5 до 2,5% діючого перепаду тиску. Більша частина втрат тиску спостерігається в соплі насадки, що прискорює охолодження газу й зрештою обмерзання насадки.

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 (22-26 діаметрів) насадки використовують лише  $35 \div 51\%$  діючого перепаду тиску. Практично уся інша частина перепаду тиску передається бульбашкам, які розширюються в рідині, а газ у них охолоджується. Це перспективний варіант насадки для отримання газових гідратів.

#### Література

1. Клименко В. В., Мельников О. Л., Скрипник О. В. Застосування газогідратних технологій для стискування газу, розділення газових сумішей та транспорту газу // Тези 61-ї наук. конф. професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та

- студентів Полтавського національного технічного університету ім. Ю. Кондратюка, 15-17 квітня 2009 р. Полтава : ПолтНТУ, 2009. Т. 1. С. 89–91.
2. Семенов А. П., Винокуров В. А. Газогидратное разделение газовых смесей // Перспективы освоения газогидратных месторождений : Тезисы докладов, Межд. науч. конф. (17-18 ноября 2009 г.). К, 2009. С. 156–159.
3. А.с. 1719813, МКИ5 F 25 В15/02. Способ получения холода / В. В. Клименко (СССР). № 4779423/06; заявл. 09.01.1990; опубл. 15.03.92. Бюл. № 10.
4. Скрипник О. В., Клименко В. В., Свяцький В. В., Віхтоденко А. А. Виготовлення безпористих деталей з використанням газогідратних технологій // 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. Клименко В. В., Зоценко М. Л., Бандуріна О. В., Педченко Л. О. Підвищення ефективності видобування і підготовки газу з виснажених родовищ шляхом застосування газогідратної технології // Сучасні технології в машинобудуванні, транспорті та гірництві : Вісн. КрНУ ім. М. Остроградського. 2012. Вип. 2(73). С. 92–95.

**УДК 378.4.091.33:621**

Голік Ю. С., к. т. н., проф.,  
Гузик Д. В., к. т. н., доц.,  
Національний університет  
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,  
Сорокін Г., генеральний директор Systemair (Швеція),  
Петренко В. О., генеральний представник в Україні  
компанії HERZ (Австрія),  
Стратій Ю., генеральний представник в Україні  
компанії Hisense (КНР)

## **РОЗВИТОК ЛАБОРАТОРНОЇ БАЗИ КАФЕДРИ ЯК ЗАПОРУКА ЯКІСНОЇ ПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ- ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКІВ**

Актуальність – організація і проведення лабораторних занять, як однієї з форм проведення занять у закладах вищої освіти з підготовки фахівців в галузі теплоенергетики, дозволяють поглибити теоретичні та практичні знання, отримані під час вивчення будь-якої дисципліни, ознайомитись із конкретними приладами, у тому числі вимірювальними, а також із правилами експлуатації обладнання, технікою безпеки під час проведення робіт.

Мета роботи – узагальнення досвіду з розвитку лабораторної бази за участю провідних виробників сучасного теплотехнічного та кліматичного обладнання для техногенних систем у теплоенергетиці на прикладі кафедри теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики (далі – ТГВ та Т) Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

Як відомо, робота викладача пов'язана не тільки з проведенням навчальних занять, веденням дипломного проектування, різноманітними