Міністерство освіти і науки України
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

# Тези

**76-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету**

**ТОМ 2**

**14 травня – 23 травня 2024 р.**

Полтава 2024

# СЕКЦІЯ ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ

**УДК 532.529.5**

*Б.А. Кутний, д.т.н., проф.*
*Національний університет*
*«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОБУЛЬБАШОК ДЛЯ СИНТЕЗУ ГІДРАТУ ПРОПАНУ

Метою даної роботи є експериментальне дослідження впливу мікробульбашок на процес синтезу газових гідратів. Експериментальні дослідження синтезу гідрату пропану дозволили охарактеризувати вплив різноманітних факторів на процес гідратоутворення. Встановлено фактори, котрі найбільше впливають на ККД гідратоутворення: масообмінні процеси в насадці, температура та швидкість газу на виході з насадки, різниця тисків гідратоутворення та у реакторі, концентрація пропану у газовій суміші, температура води.

**Масообмінні процеси.** Несподівано «сильною» виявилася кореляція ККД синтезу газогідрату з масовою часткою сконденсованого н-бутану в газовій суміші (-0,940), яка надходить в реактор, рис.1. Аналіз розширення газової суміші в насадці показує, що в процесі охолодження газової суміші відбувається часткове скраплення н-бутану. На цей процес використовується частина енергії яка в іншому випадку призвела би до зниження температури газової суміші. Уникнути конденсації парів н-бутану можна знизивши його початкову концентрацію в газовій суміші.

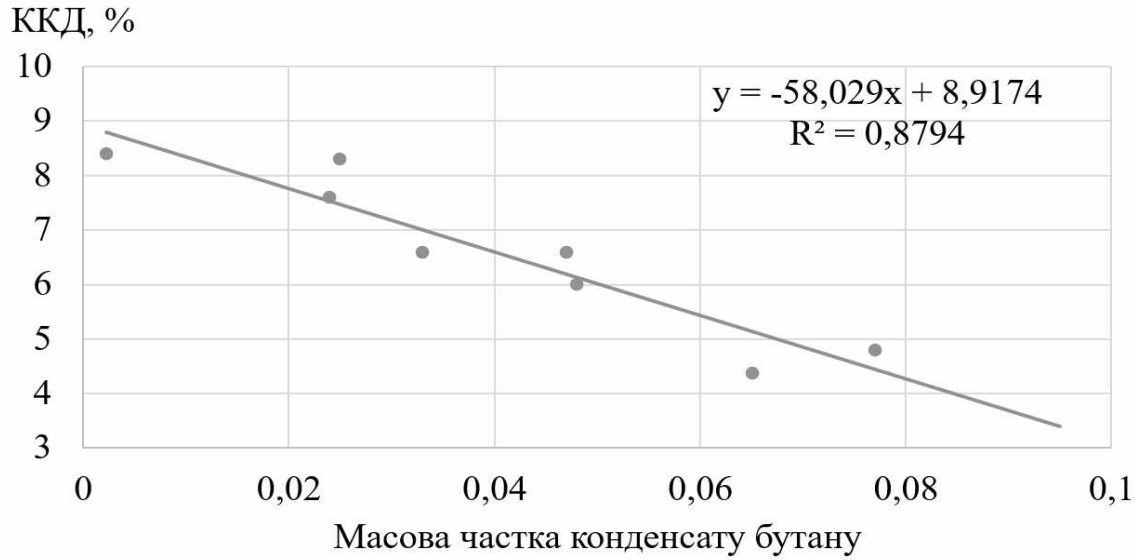


Рис.1. Кореляція ККД з масовою часткою зконденсованого н-бутану

**Температура газу.** На другому місці знаходиться кореляція ККД

гідратоутворення з температурою газу на виході з насадки (-0,906), рис. 5. Отримана регресійна залежність має вигляд, %

$$\eta = 8{,}16 - 0{,}247 t_g \,. \qquad (26)$$

В цілому, зниження температури газу на виході з насадки позитивно впливає на процес гідратоутворення. Проте, від'ємна температура газу часто призводить до обмерзання насадки.

**Швидкість виходу газу з насадки** має значну позитивну кореляцію з ККД гідратоутворення (0,732) в межах 50÷200 м/с. Збільшення швидкості газової суміші на виході з насадки призводить до інтенсифікації гідратоутворення, проте тут також накладається вплив інших факторів, наприклад: конденсації н-бутану, обмерзання насадки. Для отримання значимої кількості мікробульбашок розміром 60-70 мкм необхідно досягнення на виході з насадки швидкості 80-120 м/с.

**Різниця тиску.** Вплив різниці тиску в реакторі з тиском гідратоутворення має слабшу кореляцію (-0,694). Підвищення тиску в реакторі мало-би інтенсифікувати процес гідратоутворення, проте з пропаном так не відбувається. Це доводить, що головними гідратоутворюючими процесами виступають масообмінні процеси на поверхні мікробульбашок, а не термобаричні умови в реакторі. Як висновок можемо відзначити що для синтезу гідрату пропану в діапазоні температур 0-2ºС необхідно в реакторі підтримувати манометричний тиск на рівні 1-1,5 бар.

**Концентрація пропану.** Істотний вплив має початкова концентрація пропану в суміші пропан-бутан (коефіцієнт кореляції 0,836). Результати натурних експериментів вказують на те, що для підвищення ефективності процесу концентрація пропану має бути максимальною. Також розрахунки вказують на інтенсивну конденсацію парів бутану в насадці та інколи і в реакторі. Тому н-бутан в даному випадку виступає в ролі баласту для процесу синтезу гідрату пропану.

**Температура води.** Для досягнення максимальної ефективності гідратоутворення в дослідах застосовувалася дистильована вода з льодом при температурі 0°С. Оскільки у результаті дроселювання газу його температура знижується- виникає ефект обмерзання, який призводить до різкого зменшення витрат газу через насадку. Візуально, при обмерзанні насадки утворюється льодяна трубка (іноді розгалужена) малого внутрішнього діаметру довжиною 5-6 мм. При цьому витрати газу різко зменшуються, а замість мікробільбашок утворюються окремі бульбашки газу розміром 1-3 мм.

Як показали результати експериментальних досліджень при температурі води +2°С обмерзання насадки спостерігається рідко і за декілька хвилин насадка саморозморожується.