

**ОСОБЛИВОСТІ ПСЕВДОЗРІДЖЕННЯ БІНАРНИХ СИСТЕМ В ТОПКАХ КИПЛЯЧОГО ШАРУ**

Топки з киплячим шаром характеризуються своєю універсальністю відносно параметрів палива, вони виявляються найбільш придатними для спалювання палива різної вологості та фракційного складу [1-4].

Зазвичай в топках киплячого шару псевдозрідження твердого палива відбувається в шарі інертного матеріалу, що утворює киплячий шар. При чому більшу частину шару складає саме інертний матеріал. Збільшення витрати палива призводить до зміни гідравлічної структури киплячого шару, оскільки вміст часток палива в киплячому шарі також зростає.

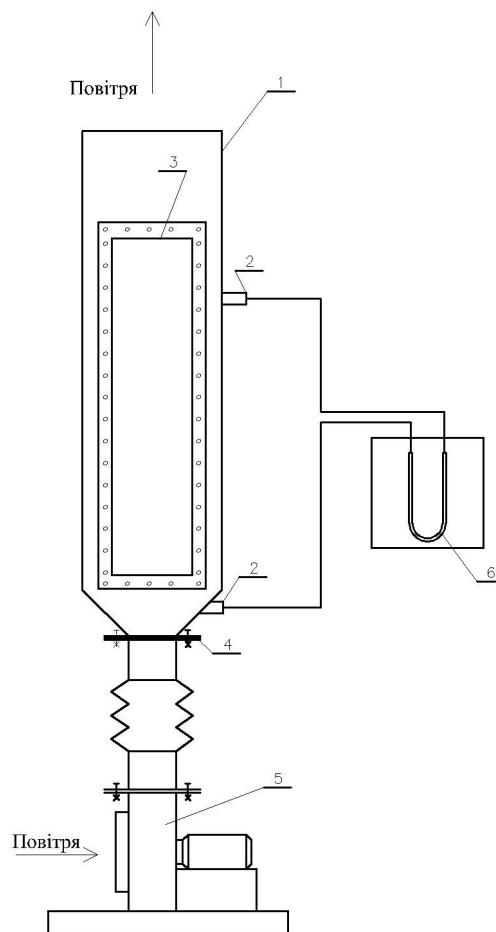
Мета роботи – експериментально і теоретично дослідити вплив вмісту деревного палива в шарі інертного матеріалу на гідродинамічні параметри киплячого шару.

Дослідження гідродинаміки киплячого шару деревних відходів проводились на експериментальній установці (рис. 1), яка являє собою камеру розмірами 200x300 мм, висотою 1000 мм зі встановленою в її нижній частині повітродозподільною решіткою.

На фронтальній частині камери передбачене оглядове скло, призначене для спостереження процесу псевдозрідження. Перепад тиску в шарі вимірювався за допомогою рідинного U-подібного манометру. Перша точка заміру тиску знаходиться над повітродозподільною решіткою, друга – над киплячим шаром.

Повітря до експериментальної установки подавалося за допомогою вентилятора ВВД-5. Регулювання витрати здійснювалось за допомогою шиберної засувки, яка встановлена на всмоктувальному патрубку вентилятора. Швидкість повітря на виході з установки вимірювалась крильчатим анемометром АСО-3. Даний анемометр призначений для виміру швидкості повітря до 5 м/с. Для кожного положення шиберної засувки заміри проводились не менш ніж 5 разів.

Нижче приведені основні характеристики зріджуваних матеріалів (табл. 1).



1 – корпус; 2 – штуцери; 3 – оглядове скло; 4 – повітродозподільна решітка; 5 – вентилятор; 6 – U-подібний манометр.

Рис. 1. Схема експериментальної установки з киплячим шаром

Таблиця 1 – Характеристики матеріалів

Тип матеріалу	Насипна густина, кг/м <sup>3</sup>	Еквівалентний діаметр часток, мм
Пісок	1500	0,3
Тирса	200	3
Щепа	320	4,7
Гранули	640	5,51

Кожен вид деревного палива досліджувався в експериментальній установці в шарі піску у наступних пропорціях (деревні відходи/пісок) – 50/50, 30/70, 20/80.

Нижче наведені результати експериментів з псевдозрідження різних видів деревних відходів в шарі інертного матеріалу (рис. 2).

Псевдозрідження починається коли швидкість зріджуваного агенту досягає критичного значення, а вага шару врівноважу-

ється з перепадом тиску. В стані псевдозрідження перепад тиску не залежить швидкості повітря.

Експериментальні дані порівнювались з розрахунками.

Розрахунок перепаду тиску розраховується за формулою:

$$\Delta P = \rho_n g H, \tag{1}$$

де  $H$  висота шару, м;  $\rho_n$  - насипна густина матеріалу, кг/м<sup>3</sup>.

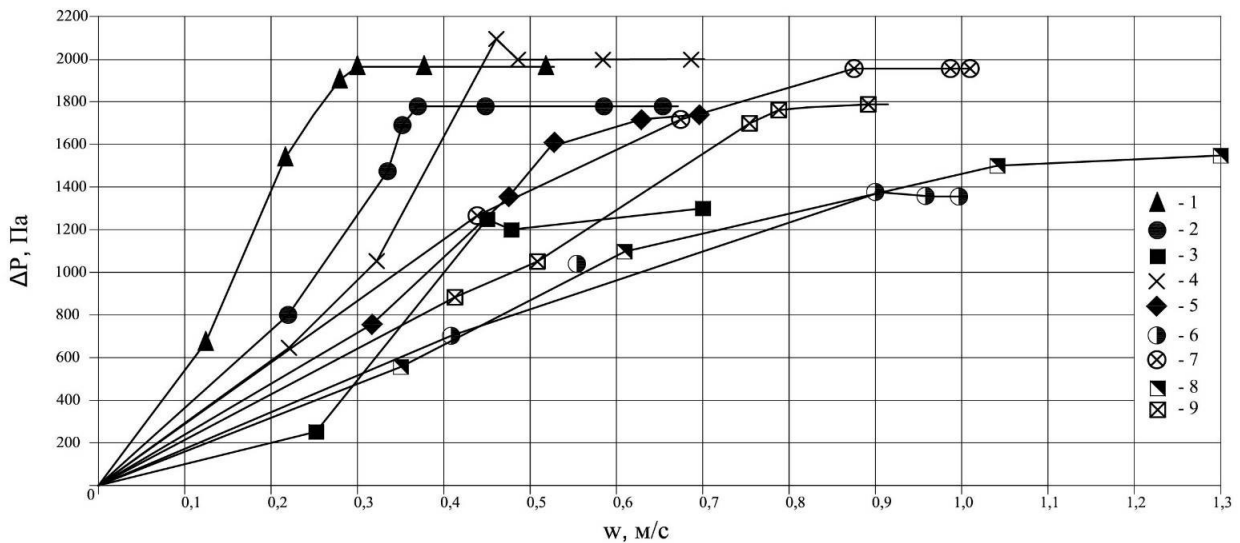


Рис. 2. Залежність перепаду тиску від швидкості повітря в системі деревні відходи/пісок 1, 2, 3 – вміст тирси в шарі піску 20, 30, 50 % відповідно; 4, 5, 6 – вміст щепи в шарі піску 20, 30, 50 % відповідно; 7, 8, 9 – вміст деревних гранул в шарі піску 20, 30, 50 % відповідно.

Тодес застосував рівняння одержане Ерганом для турбулентного і ламінарного режимів:

$$\frac{\Delta P}{H} = 150 \frac{(1-\epsilon_0)^2}{\epsilon_0^3} \cdot \frac{\mu_2 w}{d^2} + 1,75 \frac{1-\epsilon_0}{\epsilon_0^3} \cdot \frac{\rho_2 w^2}{d}, \tag{2}$$

де  $\epsilon_0$  - порозність шару;  $\mu$  - динамічний коефіцієнт в'язкості, Па·с;  $w$  - швидкість повітря, м/с;  $d$  - діаметр часток, м;  $\rho_2$  - густина повітря, кг/м<sup>3</sup>.

З цього рівняння можна отримати безрозмірне рівняння розрахунку швидкості початку псевдозрідження [4]:

$$Re = \frac{Ar}{150 \frac{1-\epsilon_0}{\epsilon_0^3} + \left( \frac{1,75}{\epsilon_0^3} \cdot Ar \right)^{0,5}}, \tag{3}$$

де  $Re$  – критерій Рейнольдса;  $Ar$  – критерій Архімеда.

Нижче приведені графіки порівняння експериментальних і розрахункових значень перепаду тиску і швидкості початку псевдозрідження (рис.3-4).

Теоретичний перепад тиску дещо більший за експериментальний. Однак, на практиці, як правило перепад тиску на 10-15 % менший за розрахунковий [3], особливо якщо це полідисперсні системи [5, 6]. В даному випадку розбіжність експериментальних і розрахункових значень не перевищує 15%.

Зі збільшенням числа Архімеда спостерігається відхилення експериментальних даних від теоретичних.

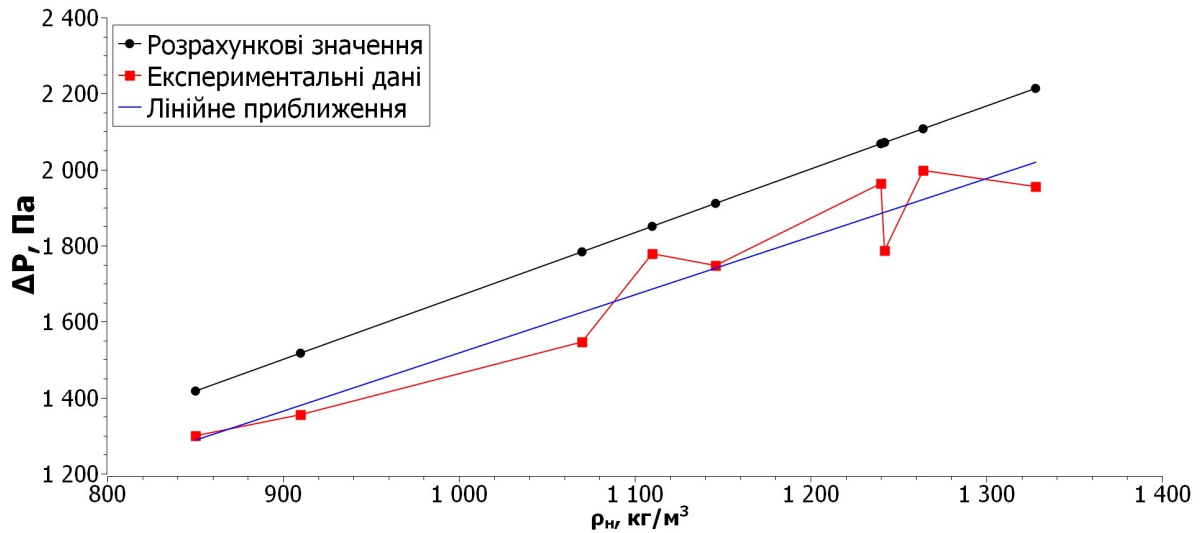


Рис. 3. Залежність перепаду тиску в киплячому шарі від насипної густини бінарної системи

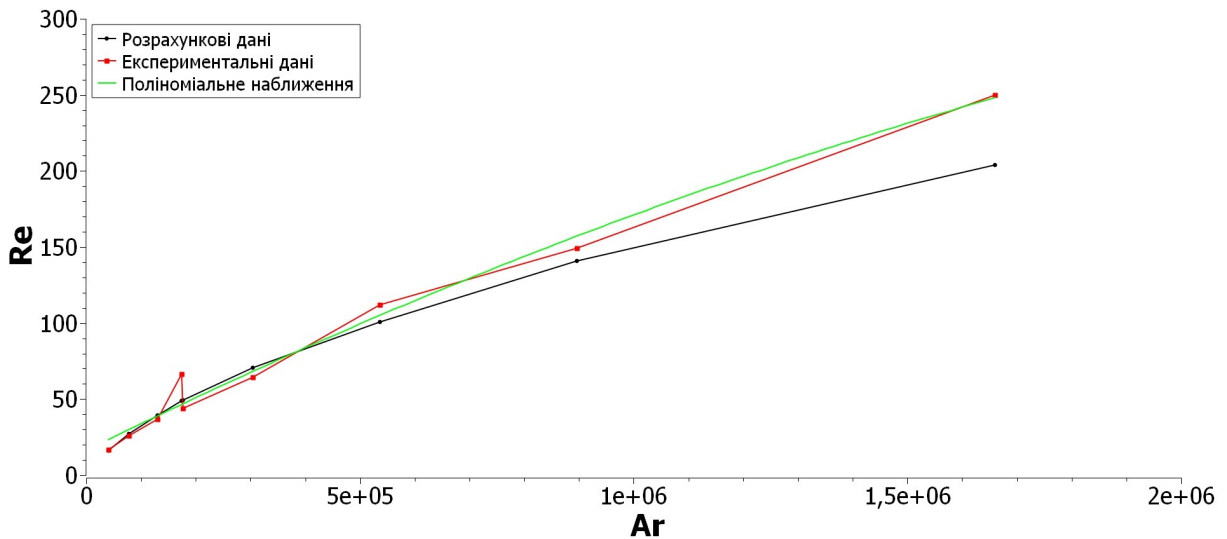


Рис. 4. Залежність швидкості початку псевдозрідження від числа Архімеда

Це пояснюється тим, що збільшення вмісту крупних часток в шарі негативно відбивається на однорідності псевдозрідження. Для повного псевдозрідження крупних часток необхідно було збільшувати швидкість зріджуваного агента. Для топок це має критичне значення, оскільки не можна допускати тих випадків, коли паливо не знаходиться в стані псевдозрідження, оскільки така ситуація може призвести до шлакування топки.

Проводилось математичне планування повного факторного експерименту [7]. В якості параметру оптимізації була обрана швидкість повітря, яка відповідає початку псевдозрідження бінарної системи.

В якості факторів обрані вміст деревного палива в киплячому шарі піску ( $n$ , %) і безрозмірна величина відношення числа Архімеда деревного палива до числа Архімеда піску ( $Ar' = Ar_{\partial} / Ar_n$ ).

В результаті обробки експериментальних даних отримане рівняння регресії:

$$w = 0,153 + 0,0004 \cdot Ar' + 0,0032 \cdot n - 8,75340 \cdot 10^{-8} \cdot Ar'^2 + 3,6287 \cdot 10^{-6} \cdot Ar' \cdot n + 3,8889 \cdot 10^{-5} \cdot n^2$$

Побудовано тривимірний графік залежності швидкості початку псевдозрідження від вмісту деревних відходів в шарі піску та відношення критеріїв Архімеда деревних відходів та інертного матеріалу (рис. 5).

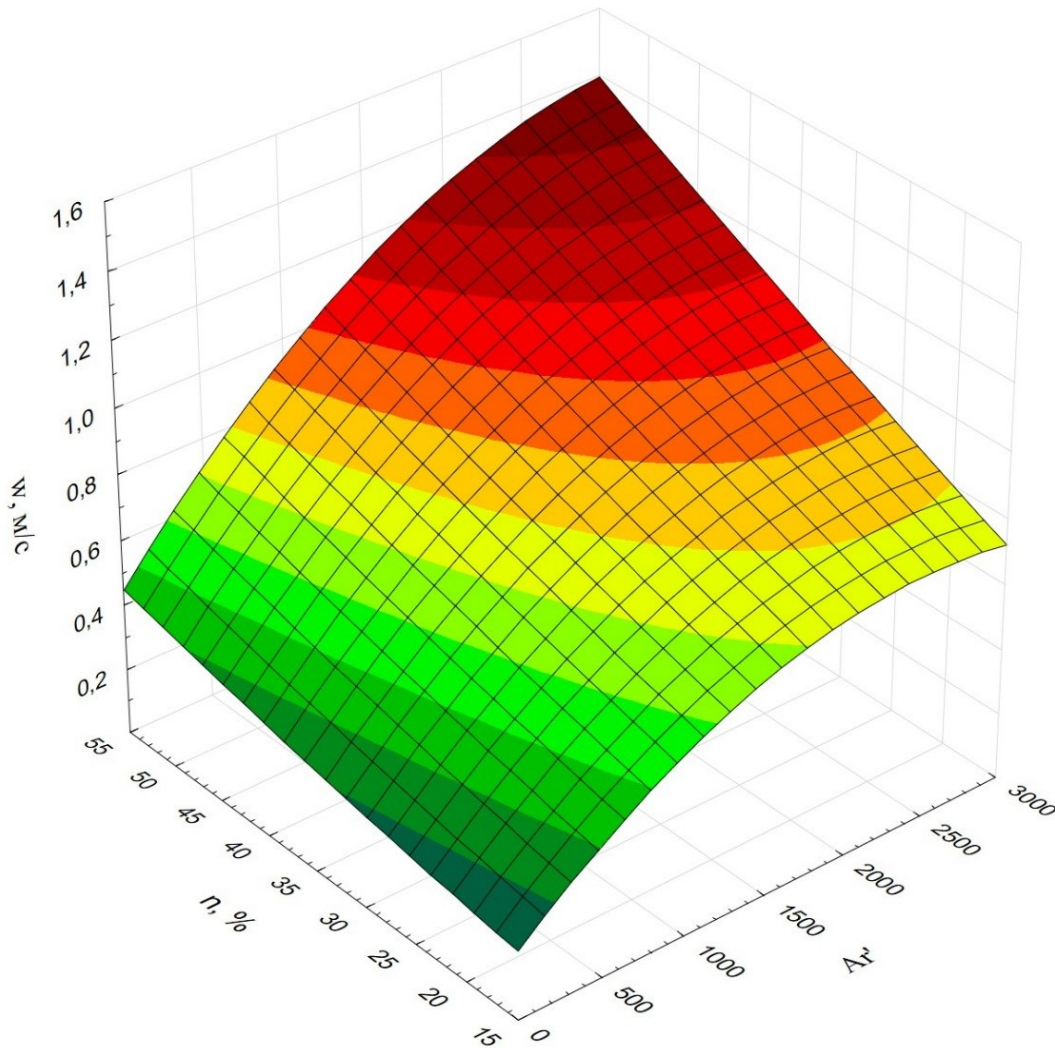


Рис. 5. Вплив вмісту деревних відходів в киплячому шарі піску на швидкість початку псевдозрідження

**Висновки.** В результаті проведених досліджень були проаналізовані гідравлічні режими псевдозрідження бінарних систем. Збільшення вмісту деревних відходів в киплячому шарі призводить до погіршення якості киплячого шару, значно збільшується швидкість початку псевдозрідження. При малих швидкостях може спостерігатися поступове переміщення вниз крупних часток, однак збільшення швидкості зріджуваного агенту дозволяє усунути дану проблему. Підтримання вмісту деревного палива в киплячому шарі в границях від 20 до 30% дозволяє забезпечити стабільний стан роботи топкового пристрою.

ЛІТЕРАТУРА:

229 1. Баскаков А. П., Манцев В. В., Располов И.

В. Котлы и топки с кипящим слоем. – М.: Энергоатомиздат, 1996. – 352 с.  
 2. Баскаков А.П. Расчеты аппаратов кипящего слоя: Справочник – Л.: Химия, 1986. – 352с.  
 3. Гельперин Н.И., Айнштейн В.Г., Кваша В.Б. Основы техники псевдоожижения – М.: Химия, 1967 – 664 с.  
 4. Бородуля В. А., Виноградов Л. М. Сжигание твердого топлива в псев-доожиженном слое. – М.: Наука и техника, 1980. – 192 с.  
 5. Редько А., Пивненко Ю. Экспериментальные и теоретические исследования гидродинамики кипящего слоя древесного топлива// MOTROL, 2014. – Lublin: Polish Academy of sciences – vol. 17, no 6 – P. 27-34.  
 6. Дэвидсон Дж., Харрисон Д. Псевдоожижение: Пер. с англ. – М.: Химия, 1974 – 725 с.  
 7. Возняк О. Т. Планування експерименту та оптимізація вирішень у системах теплогазопостачання та вентиляції – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012 – 164 с.