

**АНАЛІЗ ТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМІВ ПСЕВДОЗРІДЖЕННЯ РІЗНИХ ВИДІВ ДЕРЕВНОГО ПАЛИВА В ТОПКАХ КИПЛЯЧОГО ШАРУ**

Основною стратегічною задачею енергетичної промисловості України є забезпечення енергонезалежності держави шляхом скорочення споживання основного ресурсу країни – природного газу.

Використання біомаси, зокрема – деревних відходів, для теплопостачання допоможе розвантажити існуючі ТЕЦ і котельні. Очевидна неможливість повного переходу на подібний вид палива, тому що повністю покрити потреби держави в енергоресурсах не вдасться одними деревними відходами. Фактом є те що, біомаса не зайняла свою нішу в енергобалансі України.

В даний час більша частина відходів лісопереробних та деревообробних виробництв в Україні не знаходять свого раціонального застосування. Враховуючи, що відходи даних виробництв потребують утилізації, найоптимальнішим рішенням є застосування їх у якості палива.

Перспективним методом спалювання деревних відходів може бути застосування техніки псевдозрідження. В топкових пристроях з псевдозрідженим шаром згорання тирси, стружки і трісок здійснюється в шарі інертного матеріалу (піску), зріджувального подається під шар повітрям. Крім того, вживані в них повітророзподільні грати збільшують витрати на виготовлення, а значний аеродинамічний опір газоповітряного тракту є причиною відносно високих витрат на власні потреби. Внаслідок постійного виносу повітрям матеріалу з шару і низької зольності деревних відходів необхідне періодичне додавання піску в шар. Однак, топки з псевдозрідженим шаром водночас характеризуються своєю універсальністю відносно параметрів палива. У випадку з деревними відходами топки з киплячим шаром виявляються найбільш придатними для спалювання даних відходів різної вологості, фракційного складу та зольності.

Основними, притаманними тільки киплячому шару особливостями спалювання палива є:

— Інтенсивне перемішування частинок палива газовими бульбашками, що дозволяють уникнути появи в шарі істотних температурних перекосів, і як, наслідок, шлакування;

— Інтенсифікація теплопередачі від киплячого шару до теплопередаючих поверхонь (частка твердого матеріалу, охолоджуючись біля поверхні труби, що омивається робочим тілом, через різницю густин віддає на кілька порядків теплоти більше, ніж така ж за обсягом частка газу, що охолоджується до тієї ж температури; коефіцієнт тепловіддачі до занурених в киплячий шар труб складає в сучасних топках  $\sim 250 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ );

Інтенсифікація горіння твердого палива (пояснюється збільшенням питомої поверхні окислення і постійним «оновленням» його поверхні, завдяки інтенсивній пульсації, обертанню, зіткненню, дробленню і стиранню в найдрібніший пил).

Доля подової золи в загальному об'ємі золи, яку отримують в установках для спалювання в псевдозрідженому шарі, значно нижче, ніж в системах спалювання з нерухомим шаром, і складає 20-30%. Інші 70-80% отриманої золи складає зола виносу, яка виноситься з топковим газом і відділяється в секціях котла та в пилоосаджувачах, які розташовані за секціями котла.

Мета роботи – визначити першу критичну швидкість для різних видів деревного палива при різних температурах зріджуваного агента.

Псевдозрідження починається коли швидкість зріджуваного агента досягає критичного значення  $w'$ , а вага шару врівноважується з перепадом тиску.

Виходячи з цього можна визначити перепад тиску  $\Delta P$ ,  $\text{кг/м}^2$ :

$$\Delta P = H\rho_0, \quad (1)$$

де  $H$  висота шару, м;  $\rho_0$  - насипна густина матеріалу,  $\text{кг/м}^3$ .

При цьому порозність шару матеріалу:

$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{\rho_0}{\rho_m}, \quad (2)$$

Існують багато методик аналітичного визначення першої критичної швидкості [1-7]. В даній роботі перша критична швидкість розраховувалась по найбільш поширеній формулі Тодеса.

Тодес застосував рівняння одержане Ерганом для турбулентного і ламінарного режимів:

$$\frac{\Delta P}{H} = f(w) = \rho_m (1 - \varepsilon_0) = 150 \frac{(1 - \varepsilon_0)^2}{\varepsilon_0^3} \cdot \frac{\mu w}{d^2} + 1,75 \frac{1 - \varepsilon_0}{\varepsilon_0^3} \cdot \frac{\rho_\Gamma w^2}{d} \quad (3)$$

З цього рівняння можна отримати безрозмірне рівняння розрахунку швидкості початку псевдозрідження [2].

$$Re = \frac{Ar}{150 \frac{1 - \varepsilon_{кр}}{\varepsilon_{кр}^3} + \left( \frac{1,75}{\varepsilon_{кр}^3} Ar \right)^{1/2}}, \quad (4)$$

$\varepsilon_{кр}$  - порозність шару в момент початку псевдозрідження. (приймається приблизно на 10% більше порозності стаціонарного шару [1]).

Критерій Архімеда:

$$Ar = \frac{gd^3}{\nu^2} \frac{\rho_m - \rho_\Gamma}{\rho_\Gamma}, \quad (5)$$

де  $d$  - діаметр однієї одиниці матеріалу (м), у випадку, коли частинка несферична, приймають еквівалентний діаметр;  $\nu$  - кінематична в'язкість повітря ( $\text{м}^2/\text{с}$ );  $\rho_m$  - густина матеріалу ( $\text{кг/м}^3$ );  $\rho_\Gamma$  - густина повітря ( $\text{кг/м}^3$ );  $g$  - прискорення вільного падіння, ( $\text{м/с}^2$ ).

Виходячи з того, що  $Re = \frac{wd}{\nu}$ , знаходимо  $w'$  (м/с):

$$w' = \frac{Re \cdot \nu}{d}, \quad (6)$$

Псевдозрідження в топках киплячого шару характеризується змінними параметрами зріджуваного агента, у зв'язку з чим

швидкість початку псевдозрідження змінюється в залежності від температури.

Під час збільшення температури газу його коефіцієнт динамічної в'язкості ( $\mu$ , Па·с) збільшується, а густина ( $\rho_\Gamma$ ,  $\text{кг/м}^3$ ) зменшується. Залежність цих параметрів від температури можна записати наступним чином [1]:

$$\mu = \frac{1,5 \cdot 10^{-6} \cdot T^{1,5}}{T + 123,6}, \quad (7)$$

$$\rho_\Gamma = \frac{1,293 \cdot 273}{T}, \quad (8)$$

В якості матеріалів для псевдозрідження використовувались підготовлене паливо - деревні гранули (паллети) та деревна тирса.

Щільність деревних гранул  $1200 \text{ кг/м}^3$ , насипна щільність -  $640 \text{ кг/м}^3$ , насипна щільність тирси -  $150 \text{ кг/м}^3$ . Паллети мають циліндричну форму однакового діаметру (5 мм) різної довжини (від 5 до 30 мм).

Такі показники ускладнюють визначення границь існування киплячого шару.

Невелика щільність тирси не дозволяє створити стабільний стан псевдозрідження. Без застосування інертного матеріалу відбувається поршньо- та каналотворення, спостерігається суттєвий винос матеріалу. Для створення стабільного стану псевдозрідження використовувався інертний матеріал - пісок. Насипна щільність суміші тирси та піску  $850 \text{ кг/м}^3$ .

Як видно з формули (5) критерій Архімеда залежить від густини повітря і її в'язкості. Таким чином користуючись формулами (4, 5, 6, 7, 8) можна розрахувати швидкість початку псевдозрідження при різних температурах зріджуваного агента.

Нижче приведені графіки залежності швидкості зріджуваного агента від його температури для деревних гранул (рис.1) і для шару деревної тирси (рис.2).

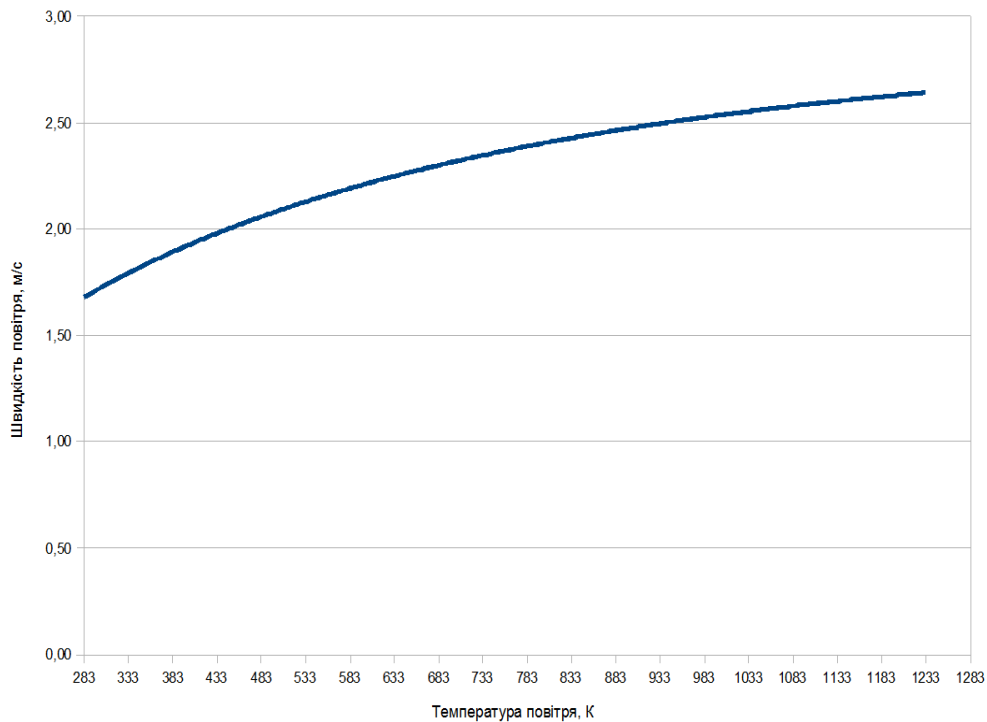


Рис. 1. Вплив температури повітря на першу критичну швидкість для шару деревних гранул

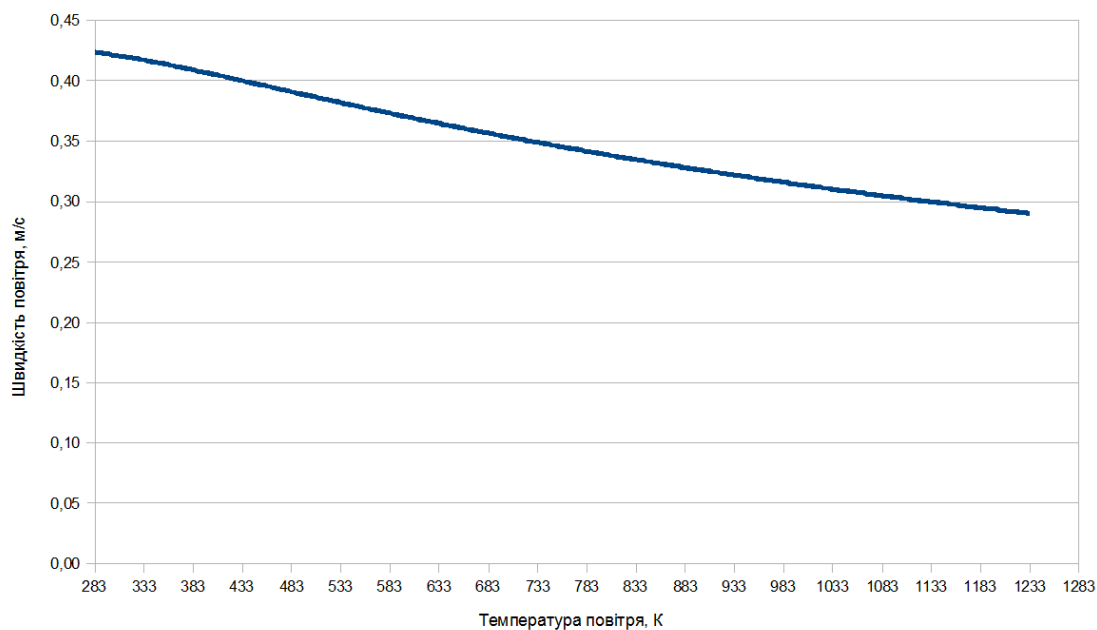


Рис. 2. Вплив температури повітря на першу критичну швидкість для шару деревної тирси

**Висновки.** Збільшення температури призводить до збільшення критичної швидкості при псевдозрідженні крупних часток, і до зменшення у випадку псевдозрідження шару дрібних часток.

Необхідно відмітити, що масова швидкість початку псевдозрідження помітно зменшується при збільшенні температури. Якщо повітродуттьові пристрої розраховані на псевдозрідження матеріалу

при температурі 1200 К, то при розпалюванні з холодного стану об'ємної витрати повітря (при тій самій масовій витраті) може не вистачити для псевдозрідження часток по усьому перетину камери [1].

ЛІТЕРАТУРА:

1. Баскаков А.П. Расчеты аппаратов кипящего слоя: Справочник – Л.: Химия, 1986. – 352с.
2. Гельперин Н.И., Айнштейн В.Г., Кваша В.Б. Основы техники псевдооживления – М.: Химия, 1967 – 664 с.
3. Бородуля В. А., Виноградов Л. М. Сжигание твердого топлива в псев-дооживленном слое. – М.: Наука и техника, 1980. – 192 с.
4. Баскаков А. П., Манцев В. В., Располов И. В. Котлы и топки с кипящим слоем. – М.: Энергоатомиздат, 1996. – 352с.
5. Аэров М.Э., Тодес О.М., Наринский Д.А. Аппараты со стационарным зернистым слоем. Гидравлические и тепловые основы работы. – Л.: Химия, 1979. - 176 с.
6. Дэвидсон Дж., Харрисон Д. Псевдооживление: Пер. с англ. - М.: Химия, 1974. - 725 с.
7. Семнов С. А. Модельные исследования аппаратов с кипящим слоем. //Системы. Методы. Технологии- 2009 – №2. – С. 82 - 86.

УДК 697.7

**Болотских Н.Н.***Харьковский национальный университет строительства и архитектуры*

### **ИНФРАКРАСНОЕ ОТОПЛЕНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАНЕЛЬНЫХ НАГРЕВАТЕЛЕЙ**

**Введение.** Для отопления помещений различного назначения в нашей стране наибольшее распространение получили традиционные способы: конвективный и воздушный. Такие способы отопления имеют ряд весьма существенных недостатков: большие энергозатраты; высокие первоначальные финансовые затраты на приобретение необходимого оборудования; сложность и трудоемкость монтажа систем отопления; наличие тепловой инерционности систем отопления (медленное нагревание); сложность в регулировке и эксплуатации систем отопления.

Альтернативой этим способам является инфракрасное отопление. Главное преимущество этого способа отопления помещений перед традиционными заключается в прямой передаче тепла всем физическим предметам, находящимся в зоне действия инфракрасных нагревателей. При прямой передаче тепла от этих нагревателей в рабочую зону отапливаемого помещения с помощью электромагнитных волн отсутствует промежуточный теплоноситель. При этом затраты энергии для достижения необходимого баланса тепла минимальны.

Многими ведущими мировыми компаниями для отопления помещений различного назначения выпускается значительное количество типов, конструкций и моделей инфракрасных нагревателей. В настоящее время на мировом рынке представлены инфракрасные нагреватели, использующие в качестве энергоносителя: электричество, газ, горячую воду, пар и дизельное топливо. Учитывая дефицит и дороговизну энергоносителей (особенно природного газа) в настоящее время для целей отопления многих помещений нередко отдается предпочтение наиболее энергоэффективным нагревателям, в частности, электрическим. Их используют для отопления заводских корпусов, промышленных цехов, складских помещений, спортивно-зрелищных объектов, медицинских учреждений, железнодорожных вокзалов, аэропортов, автосалонов, автозаправочных станций, торгово-выставочных павильонов, крытых рынков, административно-офисных помещений, банков, фойе театров, гостиниц, конференц-залов, объектов жилищно-коммунального хозяйства, квартир, религиозно-культурных объектов, теплиц, частных коттеджей, гаражей, дач и т.д.