

4. Manabendra, D., Saikia, C., Baruah, K. (2000). Treatment of wood with thermosetting resins: Effect on dimensional stability, strength and termite resistance. *Indian Journal of Chemical Technology*, 7(6), 312-317.

5. Jin, Y., Cheng, X., Zheng, Z. (2010). Preparation and characterization of phenol-formaldehyde adhesives modified with enzymatic hydrolysis lignin. *Bioresource Technology*, 101, 2046-2048. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.09.085>

6. Wei, Q., Shujun, L., Fengying, X. (2016). Preparation and Characterization of a phenol-formaldehyde resin adhesive obtained from bio-ethanol production residue. *Polymers & Polymer Composites*, 24(2), 99-105. <https://doi.org/10.1177/096739111602400>

7. Qiao, L., et al. (2011). Improvement of the water resistance of Poly(vinyl acetate). *Emulsion Wood Adhesive. Pigment and Resin Technology*. 29, 152-158. <https://doi.org/10.1108/03699420010334303>

8. Kaboorani, A., Riedl, B. (2011). Improving performance of Polyvinyl Acetate (PVA) as a binder for wood by combination with Melamine based adhesives. *International Journal of Adhesion and Adhesives*. 31, 605-611. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2011.06.007>

9. Кшивецький, Б., Дацків, Г., Андрашек, Й. (2019). Загальні відомості про клеї, склеювання та термічно модифіковану деревину. *Науковий вісник НЛТУ України*, 29 (3), 81-84. <https://doi.org/10.15421/40290317>

10. Горбачова, О. (2016). Щодо впливу термічного модифікування на властивості деревини граба. *Лісове і садово-паркове господарство*, 9. <http://ejournal.studnubip.com/zhurnal-9/ukr/horbachova-o-yu>

11. Льків, М., Солонинка, В., Гуменюк, Ж., Губер, Ю. (2017). Дослідження міцності клейових з'єднань термодеревини ясеня, отриманої за технологією вакуумнокондуктивного термічного оброблення. *Науковий вісник НЛТУ України*, 27(3), 136–139.

12. Xing, D., Li, J. (2014). Effects of heat treatment on thermal decomposition and combustion performance of larix spp. wood. *Bioresources*, 9(3), 4274–4287.

## **ЗАЛУЧЕННЯ МІКРОСФЕРИ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ У ВИРОБНИЧІ ПРОЦЕСИ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ**

*Кіндзера Д.П., к.т.н., доц., Онисик К.С., маг.,  
Національний Університет «Львівська Політехніка», м. Львів, Україна  
kateryna.onysyk.mnkhtml.2021@lpnu.ua*

В Україні близько 35% електроенергії виробляється на ТЕС та ТЕЦ [1]. ТЕЦ потужністю 1 млн. кіловат спалює близько 10000 тон вугілля з виходом 1000 тонн шлаку і золи (при зольності 10%). Для захоронення такої кількості відходів,

при висоті золовідвалу не більше 8 метрів, необхідною є площа близько 1 га [2]. Отже, недоліком діяльності теплових станцій є забруднення повітряного басейну продуктами горіння та утворення значної кількості твердих відходів, які потребують захоронення чи раціональної утилізації. У сучасних умовах нестачі природних ресурсів, актуальним напрямом розвитку промисловості є залучення твердих відходів теплоенергетики у виробничі процеси, що дасть змогу зменшити негативний вплив на довкілля, знизити виробничі витрати, розширити асортимент продукції з новими властивостями.

Мікросфери теплових електростанцій (ценосфери) утворюються при факельному спалюванні вугілля за високих температур. Мікросфери ТЕС – пустотілі кульки з діаметром 20-500 мкм., внутрішній об'єм яких заповнений газовою сумішшю, основу якої складають азот та оксид карбону (IV) [3]. Зазвичай, кількість алюмосилікатних мікросфер в золі чи золошлаці не є значною, але на великих ТЕС їх кількість може досягати декількох тисяч тон на рік. Мікросфери, вилучені із золи винесення чи золошлакової суміші, вважаються найбільш цінним компонентом твердих відходів ТЕС, однак є мало освоєними на українському ринку. Зважаючи на низькі значення густини 580-690 кг/м<sup>3</sup> та коефіцієнту теплопровідності 0,08 – 0,20 Вт/(мК), мікросфери ТЕС можуть бути використаними в якості наповнювачів у плавальних засобах (рятувальних жилетах, буйках); у хімічній промисловості – для виробництва пластмас, кераміки, гум; у будівельній промисловості – для виробництва легких бетонів, будівельних блоків, сухих будівельних сумішей, тощо.

Проблема раціональної утилізації мікросфери ТЕС, значним чином, пов'язана з вирішенням завдань щодо загальної комплексної її переробки після вилучення із зольних чи золошлакових відходів. Для виділення мікросфери із золи винесення застосовують флотацийний метод. На більшості діючих ТЕС України для вилучення золошлаку з пиловугільних котлів застосовують систему гідровідведення. Після попадання гідросуміші у ставки-накопичувачі, мікросфера піднімається на поверхню води і її збір проводять за допомогою насосів. Таким чином, залучення мікросфери у виробничий процес пов'язаний з проблемою її висушування. Процес сушіння є найбільш енергозатратною ланкою процесу переробки мікросфери на готовий продукт. Внаслідок низької ефективності використання теплової енергії в барабаних сушарках, енергетичні затрати на процес сушіння є в декілька разів більшими, ніж це потрібно на перетворення вологи в пару.

Для реалізації процесу сушіння мікросфери запропонований фільтраційний метод, який полягає в профільтовуванні теплового агенту крізь пористу структуру матеріалу, розміщеного на перфорованій перегородці, в напрямку «матеріал–перфорована перегородка» [4]. Розвинена поверхня тепло- і масообміну та високі швидкості руху теплового агенту у порах і каналах стаціонарного шару матеріалу забезпечують високі коефіцієнти тепло- і масовіддачі і, відповідно, високу інтенсивність фільтраційного сушіння. Застосування фільтраційного методу сушіння дає змогу виключити із технологічної лінії зневоднення мікросфери процес фільтрування, оскільки значна кількість вологи із стаціонарного шару матеріалу буде механічно

витіснятися та виноситися рухомим тепловим агентом внаслідок перепаду тисків. Зважаючи на вищесказане, метою роботи є дослідження закономірностей фільтраційного сушіння мікросфери ТЕС для зниження енергозатрат на реалізацію процесу.

Вологовміст мікросфери в результаті фільтраційного сушіння зменшувався від 0,61 до 0,027 кг  $H_2O$ /кг сух. мат. Оцінка впливу параметрів теплового агенту на тривалість процесу сушіння мікросфери представлена у табл.1.

Таблиця 1 – Залежність тривалості сушіння мікросфери від зміни параметрів теплового агенту

Зміна температури теплового агенту			
Температура теплового агенту, К	313	333	353
Тривалість процесу, с	780	543	360
Зміна швидкості руху теплового агенту			
Фіктивна швидкість руху теплового агенту, м/с	0,68	1,42	2,03
Тривалість процесу, с	920	675	300

Для визначення коефіцієнтів тепловіддачі від теплового агенту, за різних швидкостей його руху, до частинок мікросфери досліджували теплообмін в процесі фільтраційного сушіння (рис. 1).

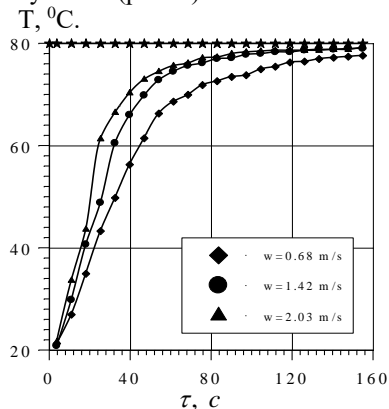


Рисунок 1 – Зміна температури теплового агенту на виході із шару мікросфери

З рис. 1 видно, що через певний період часу температура сушильного агенту на виході з шару матеріалу наближається до температури на вході, про що свідчить наближення графічних залежностей до горизонтальної лінії, що відповідає температурі  $80^{\circ}C$ . З врахуванням маси матеріалу  $m$ , кг; теплоємності  $c_s$ , Дж/кг·К; середньої температури поверхні частин шару,  $\bar{T}$ , К та початкової температури частин  $T_0$ , К, розраховували кількість теплоти, затраченої на нагрівання мікросфери  $\Delta Q$ , Дж:

$$\Delta Q = m \cdot c_s \cdot (\bar{T} - T_0) \quad (1)$$

Приймаючи до уваги поверхню теплообміну  $F$ ,  $m^2$ ; середньоарифметичне значення температури теплового агенту  $\bar{t}$ , К (розраховане з врахуванням значень температури на вході в шар та на виході згідно із замірами, наведеними на рис. 1), К; середнє значення температури на поверхні частин мікросфери,  $\bar{T}_n$ , К та тривалість процесу  $\Delta\tau$ , с, розраховували значення коефіцієнтів тепловіддачі  $\alpha$  від теплового агенту до частин мікросфери:

$$\alpha = \frac{\Delta Q}{F \cdot (\bar{t} - \bar{T}_n) \cdot \Delta\tau} \quad (2)$$

Згідно залежності (2) розраховані значення коефіцієнтів тепловіддачі від теплового агенту до частинок мікросфери  $\alpha = 35 \div 72 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ , які дають змогу розрахувати енергозатрати на реалізацію процесу фільтраційного сушіння.

Висновок. Прийняті рішення щодо залучення мікросфери ТЕС у виробничі технологічні лінії сприятимуть покращенню екологічної безпеки, а також розширенню номенклатури випуску продукції цільового призначення.

Отримані результати кінетики є основою для організації процесу фільтраційного сушіння мікросфери в установці промислового типу, а значення коефіцієнтів тепловіддачі  $\alpha = 35 \div 72 \text{ Вт/м}^2\text{К}$  дають змогу розрахувати енергозатрати на його реалізацію.

#### Література

1. Pohrebennyk, V. (2016). Influence of Dobrotvir thermal power plant on environmental specifications. Environmental problems, 1(1), 83-89.
2. Yatsyshyn, A., Matvieieva, I., Kovach, V., Artemchuk, O., Kameneva, I. (2018). Osoblyvosti vplyvu zolovidvaliv pidpriemstv teploenerhetyky na navkolyshnie seredovyshche. Problemy nadzvychajnyh sytuasij, 2(28), 57-68. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2594489>.
3. Blanco, P., Garcia, P., Mateos, J. (2000). Characteristics and properties of lightweight concrete manufactured with cenospheres. Cement and Concrete Research, 30 (11), 1715 – 1722.
4. Кіндзера Д.П., Атаманюк В.М., Гнатів З.Я., Мігін І.М. (2021). Виробництво легких наповнювачів на основі техногенної сировини. Chemistry, Technology and Application of Substances. Volume 4, Number 1: P. 131-137. <https://doi.org/10.23939/ctas2021.01.131>

## ЗАСТОСУВАННЯ ЗЕЛЕНОЇ ЛОГІСТИКИ ДО ЛАНЦЮЖКІВ ПОСТАЧАННЯ

**Козловський О.В., асп.,**

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна*

*alex.kozlovskiy@gmail.com*

Підтримання якісного доквілля передбачає широкий спектр навантажень і витрат, які утворюють ієрархію, починаючи від внутрішніх витрат у ланцюжку