

УДК 621.181.7

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ
НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОГО СУШІННЯ ВІДХОДІВ ДЕРЕВИНИ
ЧАСТИНА 2**

О. Ю. Співак, О. В. Дахновська, І. В. Фінік

У статті подано результати експериментальних досліджень процесу сушіння деревної тирси за різними тепловолісними режимами в конвективній камерній сушарці. Побудовано криві сушіння для таких матеріалів як соснова і берестова тирса, криві швидкості сушіння, проаналізовано вплив параметрів тепловолісного режиму процесу сушіння на швидкість сушіння відходів деревини.

Ключові слова: сушіння, альтернативне паливо, крива сушіння, швидкість сушального агента.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СУШКИ ОТХОДОВ ДРЕВЕСИНЫ
ЧАСТЬ 2**

А. Ю. Спивак, А. В. Дахновская, И. В. Финук

В статье представлены результаты экспериментальных исследований процесса сушки древесных опилок по разным тепловлажностным режимам в конвективной камерной сушилке. Построены кривые сушки для таких материалов как сосновые и берестовые опилки, кривые скорости сушки, проанализировано влияние параметров тепловлажностного режима процесса сушки на скорость сушки отходов древесины.

Ключевые слова: сушка, альтернативное топливо, кривая сушки, скорость сушального агента.

**EXPERIMENTAL INVESTIGATION
LOW-TEMPERATURE DRYING OF WOOD WASTE
PART 2**

O. Spivak, O. Dakhnovska, I. Finyk

The article presents results of experimental investigation of the wooden sawdust drying processes under different heat-viscosity conditions in convectional chamber dryer. Drying curves and curves of the speed of drying are built for such materials as pine and birch sawdust. Influence of drying condition parameters on the speed of drying of wooden waste is investigated.

Keywords: drying, alternative fuel, curve drying speed drying agent.

Вступ. Постановка проблеми

Виготовлення паливних пелет з деревини - це типовий технологічний процес, що дозволяє отримати екологічно чисте паливо з поновлюваного джерела. Перед виробниками паливних брикетів та пелет часто постає проблема підсушування сировини, оскільки для виробництва цього альтернативного виду палива необхідно мати рівномірно подрібнену сировину з певним значенням відносної вологості.

Деревні відходи з вологістю більше 15% дуже погано пресуються. Крім цього, виготовлені гранули з підвищеною вологістю не підходять для котлів. Тому сировина перед пресуванням має мати вологість між 8 і 12%. Для якісного продукту вологість повинна складати $10\% \pm 1\%$ [1].

При столярній обробці попередньо висушеної деревини (зазвичай при виробництві столярних виробів) відходи мають саме зазначену вологість. У всіх інших випадках (відходи пилюрам, обаполи, порубкові залишки, відходи від санітарної очистки лісу, тріски) матеріал має підвищену вологість і його необхідно сушити.

У пелетному виробництві сушіння є найбільш енергоємним процесом. Для сушіння тирси витрачається приблизно 1 МВт енергії на тонну випарованої води або для практичного

розрахунку можна приймати, що на 1 т гранул потрібно теплота згоряння від 1 м³ щільної деревини[2].

Багато хто оптимальним рішенням вважає спалювання деревних відходів в котлі, що забезпечує роботу сушильної установки. Часто в якості джерела енергії використовують природний газ або ті самі брикети чи пелети, які виробляються з тирси[3].

В якості джерела енергії для сушіння компонентів альтернативних видів палива може бути використана утилізована від працюючих теплоенергетичних установок низькотемпературна теплота, як значно дешевше, пожегобезпечне і екологічно чисте джерело.

Однак, літературних експериментальних даних по сушінню відходів деревини низькотемпературними джерелами енергії мало і вони досить розрізнені і суперечливі. Тому експериментальні дослідження процесу конвективного сушіння відходів деревини низькотемпературними теплоносіями є актуальними.

Основна частина

Кінетика процесу сушіння різних видів відходів деревини (палива): тирси береста, сосни та лушпиння соняшника досліджувалась в [4]. Там же представлено і методику проведення експериментів.

Опис експериментальної установки подано в [5].

В роботі досліджували вплив потужності теплоагревника на кінетику сушіння тирси з деревини хвойних (сосна) та листових порід (берест) за однакових швидкостей сушильного агента.

На рис.1 представлені зведені експериментальні залежності зміни відносної вологості від часу (криві сушіння) для досліджуваних видів палива.

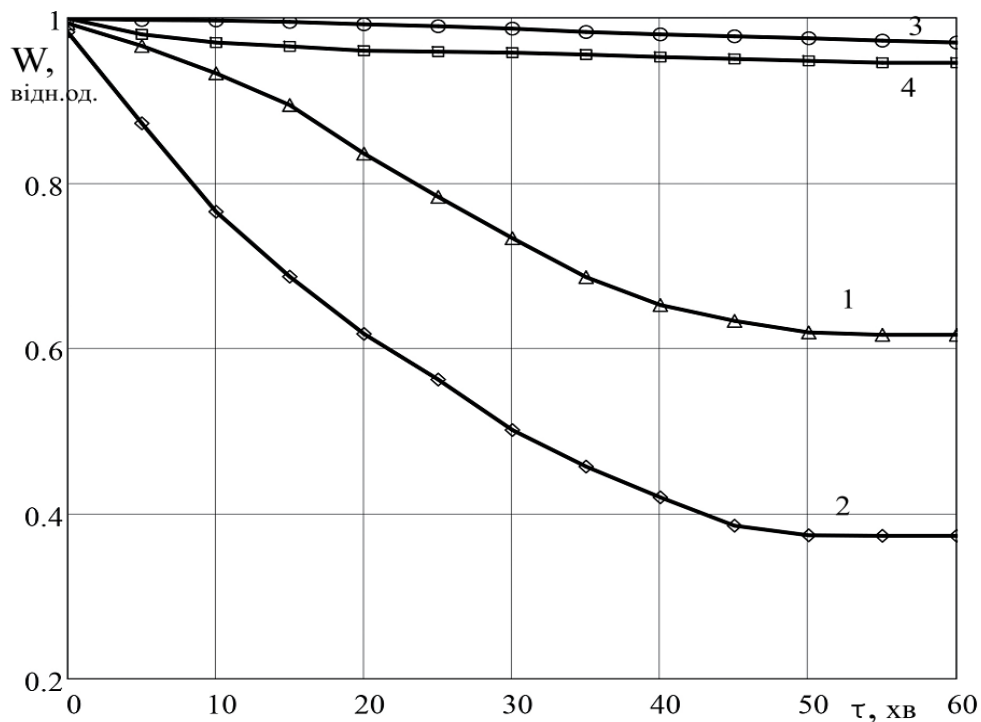


Рисунок 1 – Зміна відносної вологості в процесі сушіння для різних видів палива

1 – тирса сосни; 2 – тирса береста; (режим А)
3 – тирса сосни; 4 – тирса береста; (режим Б)

Процес сушіння вели до залишкової відносної вологості матеріалу 5-6 %. Для всіх видів палива процес сушіння тривав 55 хвилин, потужність теплоагревника складала 600 Вт (режим А) і 250 Вт (режим Б) відповідно. Маса палива – 500 грам. Залежності мають практично монотонний характер.

Для сировини, що сушилась за режимом А (рис.1) на нормованих кривих сушіння тирси обох порід деревини навіть без обробки даних можна розрізнити дві зони сушіння: з постійною і

спадаючою швидкостями сушіння. Для сировини, що сушилась за режимом Б зменшення вологості дуже незначне - випаровування води практично не відбувається. В обох випадках тирса береста сушиться більш інтенсивно, ніж соснова, що можна пояснити наявністю в сосновій тирсі смол, які утруднюють процес підводу води з глибинних шарів часточок деревини до їх поверхні.

З рис. 1 видно, що сировина, що сушиться за режимом А висихає за 50 хвилин, досягаючи рівноважної вологості, тоді як сировина за режимом Б за цей же час тільки починає сушитися.

Швидкість сушіння отримували диференціюванням залежностей $W = f(\tau)$, отриманих в результаті регресійного аналізу нормованих кривих сушіння в середовищі Mathcad в неявному вигляді. Результати представлено на рис. 2.

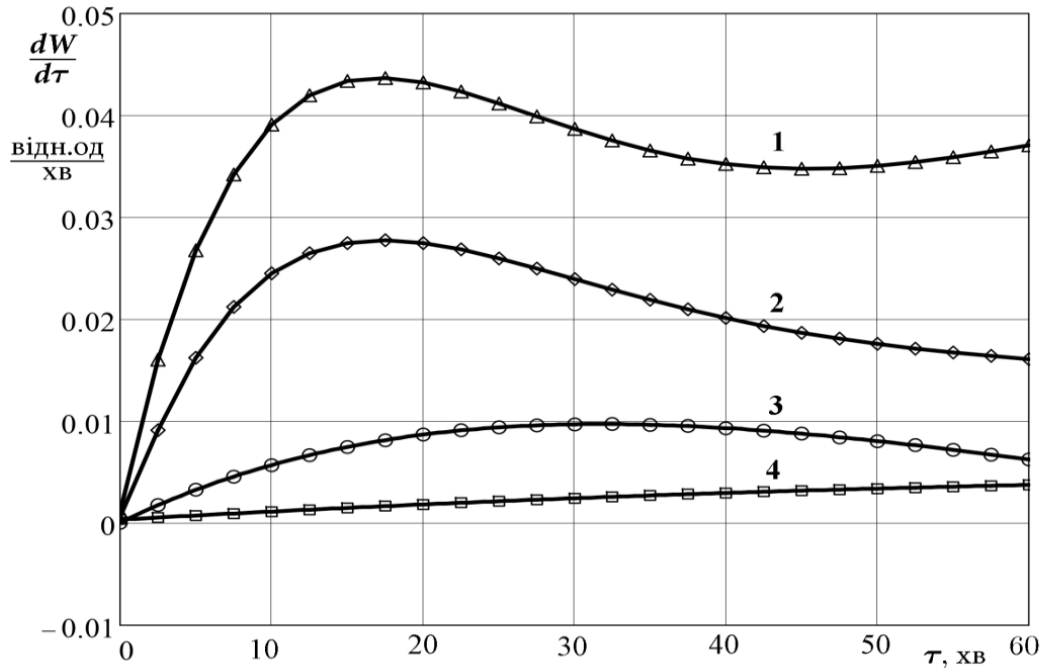


Рисунок 2 – Швидкість сушіння різних видів палива
 1 – тирса береста; 2 – тирса сосни; (режим А)
 3 – тирса береста; 4 – тирса сосни; (режим Б)

Для тирси обох порід деревини на початковій стадії сушіння (стадія прогріву сировини) швидкість сушіння зростає, що можна пояснити більш активним підводом води до поверхні часточки з глибинних шарів в результаті прогріву. Швидкість сушіння за режимом А набагато вища, ніж за режимом Б. Разом з тим, за нашими результатами, швидкість сушіння тирси береста в третій стадії (стадії зі спадаючою швидкістю сушіння) не зменшується, що можна пояснити недоліками регресійної функції при моделюванні процесу.

Дослідження зміни вологовмісту сушильного агента в процесі сушіння (рис. 3) показали, що для всіх обох видів висушуваного матеріалу за режимом А вологовміст сягає максимуму в стадії сушіння з постійною швидкістю, причому практично пропорційно зменшенню швидкості сушіння матеріалу (рис. 4).

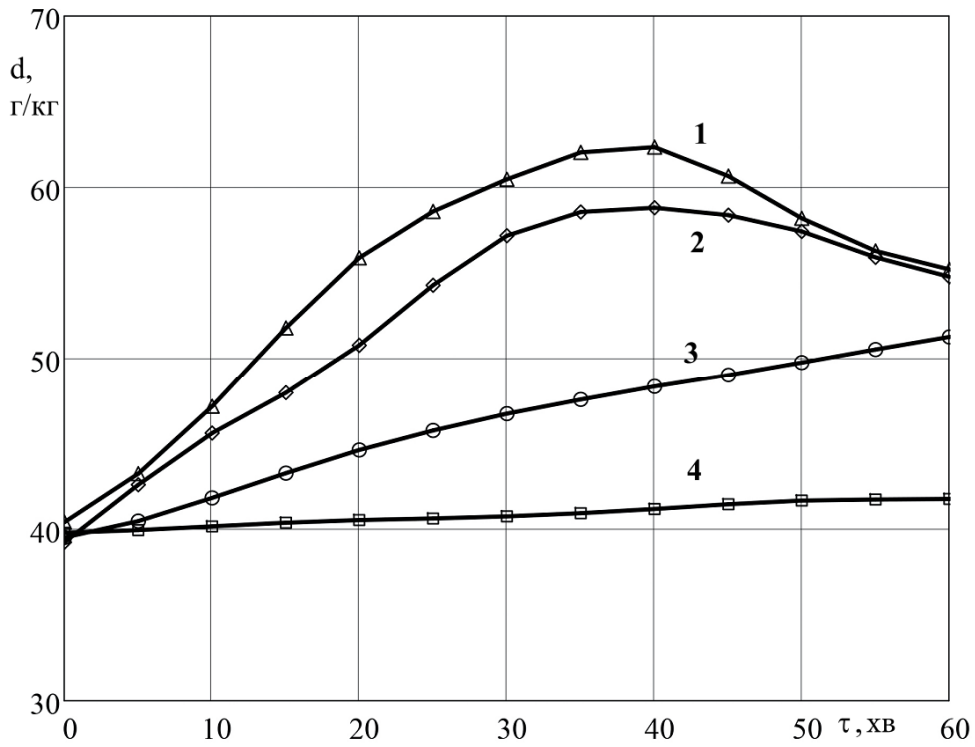


Рисунок 3 – Зміна вологовмісту сушильного агента в процесі сушіння
 1 – тирса береста; 2 – тирса сосни; (режим А)
 3 – тирса береста; 4 – тирса сосни; (режим Б)

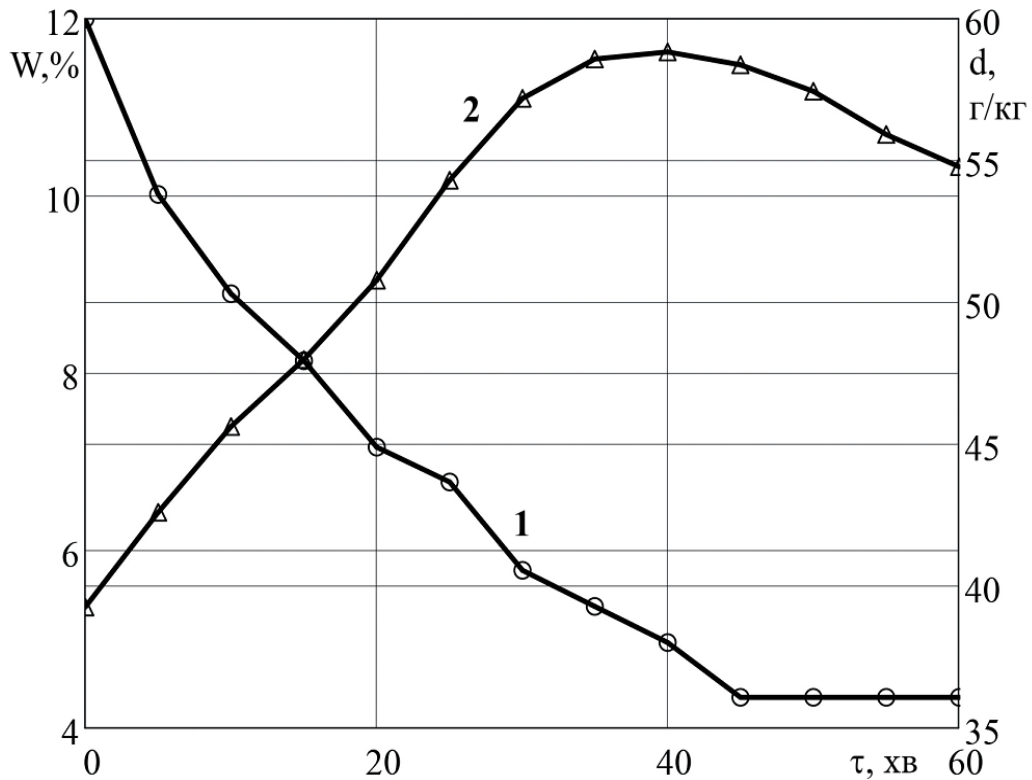


Рисунок 4 – Зміна відносної вологості тирси береста (1)
 і вологовмісту сушильного агента (2) в процесі сушіння

Висновки

- Зменшення температурного потенціалу сушильного агента при низькотемпературному сушінні відходів деревини призводить до суттєвого зниження швидкості процесу обезводження і збільшення тривалості процесу.
- Побудова кривих сушіння і кривих швидкості сушіння на експериментальному матеріалі дає змогу більш точно оцінити вплив температури і вологості сушильного агента на швидкість процесу висушування сировини.
- Процесом сушіння деревної тирси низькопотенційними джерелами теплоти можна управляти, контролюючи вологовміст сушильного агента на виході з робочої камери.

Використана література

1. <http://www.alligno.ru/Pellets.pdf>
2. <http://klivent.net/sistemy-otopleniya/pellety-svoimi-rukami.html>
3. <http://www.ekokorm.ru/6.html>
4. Дахновська О. В. Експериментальні дослідження низькотемпературного сушіння відходів деревини в камерній конвективній сушарці / О. В. Дахновська, О. Ю. Співак, Я. А. Єфремов // Збірник наукових праць вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. Вінниця, випуск 1(91). 2015. – С. 62-65.
5. Співак О. Ю. Установа для дослідження кінетики сушіння сировини / О. Ю. Співак, В. В. Музичук, К. О. Іщенко // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – Вінниця: Універсум-Вінниця. – 2012. – №2. – С. 88-90.

Співак Олександр Юрійович – к.т.н., доцент кафедри теплоенергетики Вінницького національного технічного університету.

Дахновська Ольга Вікторівна – експерт ЦРЕЧВ.

Фіник Ірина Валеріївна – студент Вінницького національного технічного університету.

Спивак Александр Юрьевич – к.т.н., доцент кафедри теплоенергетики Вінницького національного технічного університету.

Дахновская Ольга Викторовна – експерт ЦРЭЧП.

Финик Ирина Валерьевна – студентка Вінницького національного технічного університету.

Spivak Alexander Y. – Ph.D., Associate Professor, Department of Thermal Power Engineering VNTU (VinnytsiaNationalTechnicalUniversity).

Dahnovska O. – expert TSRECP.

Finyk I. – student Vinnytsia National Technical University.