

УДК 66.047.75

Довгаль Олексій Олександрович

магістрант

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Довгаль Алексей Александрович

магистрант

Национального технического университета Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Dovgal Oleksiy

Master of the

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Степанюк Андрій Романович

кандидат технічних наук, доцент кафедри машин та апаратів

хімічних і нафтопереробних виробництв

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Степанюк Андрей Романович

кандидат технических наук, доцент кафедры машин и аппаратов

химических и нефтеперерабатывающих производств

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Stepaniuk Andriy

PhD, Assistant Professor of Department of

Machines and Apparatus of Chemical and Petroleum Industries

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ФІЗИЧНА ТА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ КІНЕТИКИ СУШІННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ

ФИЗИЧЕСКАЯ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА КИНЕТИКИ СУШКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ИВЫ

PHYSICAL AND MATHEMATIC MODEL OF DRYING PROCESS OF ENERGETIC WILLOW

Анотація. Експериментально перевірено кінетику сушки тріски енергетичної верби без механічної обробки та з механічною обробкою.

Ключові слова: енергетична верба, сушарка, сушіння, деревні пелети.

Аннотация. Экспериментально проверено кинетику сушки трески энергетической ивы без механической обработки и с механической обработкой.

Ключевые слова: энергетическая ива, сушарка, сушка, древесные пеллеты.

Summary. The kinetics of drying chips of energy willow without mechanical processing and machining has been experimentally tested.

Key words: energetic willow, dryer, drying, wood pellets.

Постановка проблеми. Після збору енергетичної верби її вологість складає 55–60 %, що не є ефективним при спалюванні в котлах. Для більшої ефективності тріску попередньо сушать в сушарках різних типів, що знижує вологість до 40 %. Для максимальної ефективності був запропонований метод сушіння з попередньою механічною деформацією деревини задля зменшення часу сушіння та зменшення вологі тріски на виході з сушильного апарату.

Деревна пелета — один з небагатьох альтернативних видів палива, використання яких є доцільним, як з економічної точки зору, так і з огляду на екологічну безпеку. Основною перевагою є те, що сировиною для виготовлення пелет є деревина — поновлювальний ресурс, що має здатність накопичувати велику кількість сонячної енергії протягом тривалого часу [1].

Самі пелети бувають наступних видів [2]:

1. Білі пелети — сорт «преміум» світлого кольору виконуються із деревини без кори. Теплотворна здатність таких пелет складає 17,2 МДж/кг.

2. Індустріальні пелети — сорт більш низької якості. До складу продукту входить кора дерева та негорючі рештки. Теплопровідність таких пелет майже така сама, як у преміум сорту.

3. Агропелети — паливо із відходів гречки, насіння соняшника. Мають чорний колір. Теплотворна здатність — 15 МДж/кг. Основна перевага — низька ціна.

Для покращення якості продукції при виробництві пелет необхідно провести сушіння. Сушіння, як сам процес, перешкоджає появі первинного гниття, грибкових плям і нападу певних видів комах [2].

Метою роботи є процес дослідження кінетики сушіння енергетичної верби у сушарці з рециркуляцією повітря з попередньою механічною деформацією деревини задля зменшення часу сушіння та зменшення вологі тріски.

Виклад основного матеріалу. Розглядаючи фізичну модель даного процесу частинку деревини можна представити у вигляді нескінченного циліндра. Сам процес супроводжується підводом гарячого повітря $q_{нов}$ до деревини та з наступним нагрівом її до температури самого теплоносія. За рахунок теплового потоку, що підводиться, відбувається прогрів частинки.

З нагрітої частинки деревини виділяється конденсат, що збирається на її поверхні. При температурі 130–150 починається процес виділення складової деревини — лігніну.

При постійній швидкості сушіння сам процес визначається швидкістю дифузії вологі в навколишнє середовище, тобто зовнішніми умовами. Тому цей період називають — зовнішньою дифузиею.

У період падаючої швидкості процес сушіння залежить від швидкості, з де волога обумовлена внутрішньою дифузиею, тобто дифундує до поверхні матеріалу.

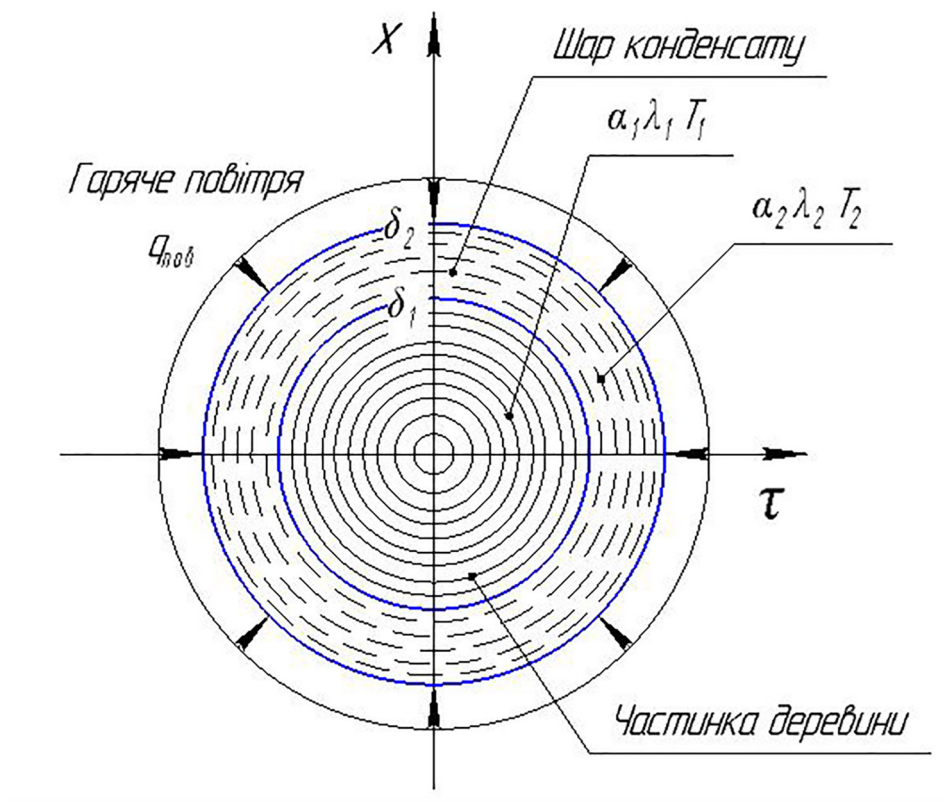


Рис. 1

Математична модель процесу сушіння

Циліндр радіусом r_0 нагрівається через свою поверхню. Температура гріючого агенту t_{cep} та коефіцієнт тепловіддачі α у всіх точках однаковий і залишається постійним протягом всього періоду сушіння. В початковий момент часу при $\tau=0$ температура є деякою функцією. При цих умовах рівняння теплопровідності має наступний вигляд [3].

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial \tau} = \alpha \left(\frac{\partial^2 \vartheta}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial \vartheta}{\partial r} \right). \quad (1)$$

Граничні та початкові умови:
при $\tau = 0$ та $0 \leq r_a \leq r_0$:

$$\vartheta = \vartheta_0 = f(r) - t_{cep} \quad (2)$$

при $\tau = 0$ та $r = 0$:

$$\left(\frac{\partial \vartheta}{\partial \tau} \right)_{r=0} = 0 \quad (3)$$

при $\tau = 0$ та $r = r_0$:

$$\left(\frac{\partial \vartheta}{\partial \tau} \right)_{r=r_0} = -\frac{\alpha}{\lambda} \vartheta_{r=r_0} \quad (4)$$

де $\vartheta = t - t_{cep}$

Теплофізичні властивості продукту залежать від вологовмісту матеріалу і розраховуються за такими формулами [4; 5]:

$$c_{np} = c_{c.pec} + c_{pid}u = c_{c.pec} + \frac{W}{100}, \quad (5)$$

$$c_{np} = 4370 \cdot u + 1232, \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}), \quad (6)$$

$$\rho = \rho_{c.pec} + \rho_{pid}u = \rho_{c.pec} + \frac{W}{100}, \quad (7)$$

$$\rho = -721 \cdot u + 1632, \text{ кг}/\text{м}^3, \quad (8)$$

$$\lambda = 0,3 \cdot u + 0,15, \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}), \quad (9)$$

$$a_m = (2,218 \cdot u - 0,0821) \cdot 10^{-6}, \text{ м}^2/\text{с}, \quad (10)$$

$$a = \frac{\lambda}{\rho c_{np}}, \text{ м}^2/\text{с}, \quad (11)$$

$$\varepsilon = -0,7923 \cdot u + 0,6165. \quad (12)$$

Література

1. Технологія виробництва різних видів біопалива <http://bio.ukrbio.com/ua/articles/2344/>
2. Лыков В. М. Сушка в химической промышленности «Химия», М. 1970. — 432 с.
3. Исаченко В. П. Теплопередача. Учебник для ВУЗов, Изд. 3-е перераб. И доп. М., «Энергия», 1975. — 478 с.
4. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологи. Часть 1. Процессы и аппараты химической технологии. — М.: Химия, 1995. — 400 с.
5. Гинзбург А. С. Сушка пищевых продуктов. — М.: Пищепромиздат, 1960. — 683 с.