

БАБИН ІГОР

Вінницький національний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0002-7070-4957>e-mail: ihorbabyn@gmail.com

БУРЛАКА СЕРГІЙ

Вінницький національний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0002-4079-4867>e-mail: ipserhiy@gmail.com

ХОЛОДЮК ОЛЕКСАНДР

Вінницький національний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0002-4161-6712>e-mail: holodyk@vsau.vin.ua

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СТРІЧКОВОЇ СУШАРКИ

В роботі досліджено ефективність використання стрічкової сушарки для процесу сушіння різних матеріалів. Стрічкові сушарки є поширеним технологічним обладнанням, що використовується у промислових процесах сушіння через їхню високу продуктивність та надійність.

Ключові слова: стрічкова сушарка, сушіння матеріалів, продуктивність, якість продукту, витрати енергії, вартість експлуатації, промислові процеси.

BABYN IHOR, BURLAKA SERHIY, KHOLODYUK OLEKSANDR
Vinnitsia National Agrarian University

EFFICIENCY OF A CONVEYOR DRYER

On a large scale in Ukraine, a technical re-engineering is being carried out, technological installations of high single pressure are being introduced, which allow to reduce the total cost of capital investments, operating costs and product compatibility with a significant p movement of work productivity. Drying processes have become widely stagnant in all the galleys of the industry and the strong state, up to 15% of the entire vigorous fire is stained on them.

Fruits, vegetables, dried brushes and other food products, which are colloidal-capillary-porous materials with water content of 35% to 95%, are not stable when harvested. The distance of water from them by way of drying up to a moisture content lower than 8-14% allows you to save their natural camp for a three-year period. Under the hour of drying, the product significantly changes, which reduces transport costs, costs for packaging and changes the need for warehouses.

The article presents the results of experimental investigations, tabulation of indicators of the productivity of a conveyor dryer with other types of dryers. Such parameters were evaluated as the dryness of drying, the quality of the product, the amount of energy and the quality of operation. On the basis of the analysis of data, it was established that conveyor dryers may have few advantages over other types of dryers. The stench is safe for fast and equal drying of materials, reduces the cost of the product and ensures a decrease in energy consumption. In addition, stinks are designated by the old term of service and a changed service obligation. The results of the study confirm that conveyor dryers can be a viable choice for industries that require an efficient drying process. It is especially important to become the optimal option for large-scale tasks, where it is necessary to process large volumes of materials.

Key words: conveyor dryer, drying materials, productivity, product quality, energy consumption, operating quality, industrial processes.

Постановка проблеми

У сучасному промисловому виробництві процес сушіння є важливою складовою для багатьох галузей, таких як харчова промисловість, сільське господарство, хімічна промисловість та інші. Ефективне сушіння матеріалів забезпечує підвищення якості продукту, збереження його корисних властивостей та зниження енергетичних витрат.

Однак, вибір оптимального типу сушарки стає важливим завданням для компаній із-за широкого спектра наявних технологій сушіння. Один із популярних типів сушарок – стрічкова сушарка – відрізняється високою продуктивністю та ефективністю, але до цього часу було проведено обмежену кількість досліджень, які визначають її переваги і недоліки порівняно з іншими типами сушарок.

Таким чином, виникає потреба у більш докладному дослідженні ефективності використання стрічкової сушарки. Важливо проаналізувати її характеристики, здібності до роботи з різними типами матеріалів, а також порівняти її продуктивність та якість сушіння з іншими типами сушарок. Такий аналіз дозволить визначити оптимальні умови використання стрічкової сушарки та вплив її впровадження на підвищення продуктивності та зниження витрат у виробничих процесах.

Аналіз останніх джерел

Дослідження вітчизняних вчених показали, що стрічкові сушарки забезпечують швидке та рівномірне сушіння сільськогосподарських культур, таких як зерно пшениці та кукурудзи. Це дозволяє зберігати якість та харчову цінність зернових продуктів, знижуючи ризик втрати урожаю через неправильне сушіння. Аналіз досліджень показав, що стрічкові сушарки можуть бути більш ефективними у порівнянні з іншими типами сушарок. Наприклад, в порівнянні з барабанными сушарками, стрічкові сушарки забезпечують більш рівномірне сушіння та вимагають меншої кількості енергії (на 20% у порівнянні з фенно-барабанными сушарками).

Метою роботи є дослідження та оцінка ефективності використання проекрованої стрічкової

сушарки у процесі сушіння горіхів.

Виклад основного матеріалу

Стрічкові сушарки отримали широке застосування в овочесушильній промисловості. Аналогічного типу сушарки застосовуються для сушіння фруктів, хліба, крохмалю, дрібно-штучних макаронних виробів. Стрічкові сушарки працюють безперервно з рециркуляцією газу та без неї; в деяких конструкціях передбачено внутрішній багаторазовий підігрів газоподібного теплоносія, як який використовують топкові газу, повітря, а іноді перегріта пара. На малюнку 1 зображено стрічкову сушарку.

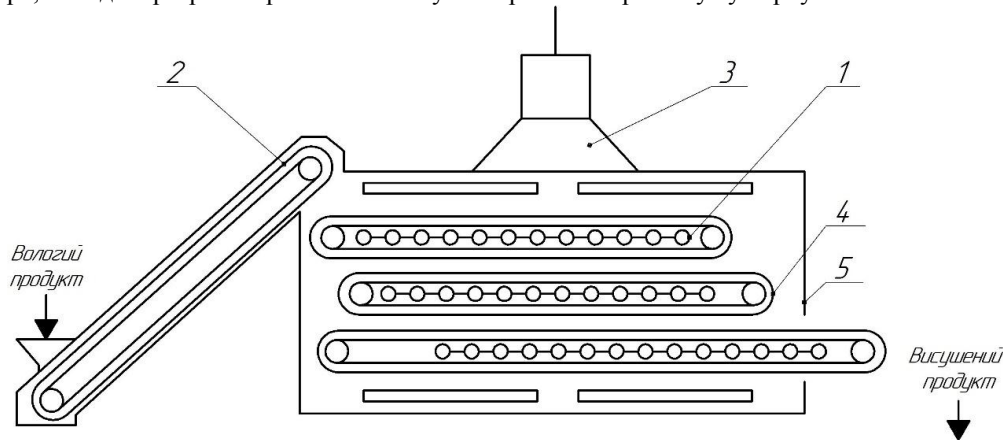


Рис. 1. Проектована стрічкова сушарка: 1 – калорифер, 2 – конвейєр, 3 – витяжний пристрій, 4 – транспортер, 5 – станина

Сушарка призначена для сушіння горіха. Сушила є камерою, закритою металевими щитами і дверима. У сушарці один витяжний пристрій. Опорною частиною сушарки є станина 5, усередині якої розташовано п'ять пар барабанів діаметром 246 мм. Кожна пара несе на собі нескінченну сітчасту дрітчасту стрічку з нержавіючої сталі. Один із барабанів у кожній парі є провідним, інший – натяжним. Діаметри зірочок провідних барабанів різні, отже, неоднакові швидкості руху стрічок і тривалість знаходження продукту окремих зонах.

Для очищення барабанів від продукту, що налип, служать скребки, встановлені на барабанах.

Похилий конвейєр 2, встановлений під кутом 40° до горизонтів, служить для подачі продукту в сушарку. Секції парових калориферів розташовані у просторі між гілками кожного конвейєра. У калорифери подається пара тиском 0,4 МПа.

Витяжний пристрій включає дві камери та два вентилятори. Продуктивність вентиляторів регулюють клапаном, встановленим у головці витяжної камери. Повітря забирається із приміщення через рухомі штори частини сушарок.

Очищений і нарізаний продукт, пройшовши бланшувач, промивається холодною водою і похилим конвейєром подається на верхню робочу стрічку сушарки, потім на другу, третю і т. д., проходячи послідовно п'ять стрічок. Нагріте в калориферах повітря, проходячи шар продукту, поглинає вологу та виводиться із сушарки. Наприкінці четвертої стрічки у сушарці передбачений лоток для вивантаження.

Для визначення ефективності проектованої сушарки припустимо, що під час сушіння матеріалу змінюється лише його вологість, а маса залишається постійною. Тоді маса початкового матеріалу m_{in} буде дорівнювати масі матеріалу після сушіння m_{out} :

$$m_{in}=m_{out} \quad (1)$$

Маса матеріалу може бути виражена через його об'єм V та густину матеріалу ρ :

$$m=V \cdot \rho_m=V \cdot \rho \quad (2)$$

Таким чином, ми можемо записати рівняння для маси матеріалу до та після сушіння:

$$m_{in}=V_{in} \cdot \rho_{min}=V_{in} \cdot \rho \quad m_{out}=V_{out} \cdot \rho_{mout}=V_{out} \cdot \rho \quad (3)$$

Оскільки об'єм матеріалу залишається постійним, ми можемо записати:

$$V_{in}=V_{out}=V \quad V_{in}=V_{out}=V \quad (4)$$

Тепер давайте розглянемо зміну вологості матеріалу під час сушіння. Початкова вологість W_{in} виражена у відсотках, але її також можна представити у вигляді десяткового дробу (наприклад, $35\% = 0.35$) для зручності розрахунків.

Після сушіння вологість матеріалу зменшується до W_{out} , також вираженої у десятковому дробі (наприклад, $8\% = 0.08$).

Вологість матеріалу можна розрахувати як відношення маси вологи до загальної маси матеріалу:

$$W=m_{water}/m_{total} \quad W=m_{total}/m_{water} \quad (5)$$

Для початкової вологості W_{in} та кінцевої вологості W_{out} ми можемо записати:

$$W_{in}=m_{water,in}/m_{in} \quad W_{in}=m_{water,in}/m_{in} \quad W_{out}=m_{water,out}/m_{out} \quad W_{out}=m_{water,out}/m_{out} \quad (6)$$

Знаючи, що маса матеріалу до сушіння m_{in} дорівнює масі матеріалу після сушіння m_{out} , ми можемо виразити масу вологи під час сушіння так:

$$m_{water,in}=W_{in} \cdot m_{in} \quad m_{water,in}=W_{in} \cdot m_{in} \quad m_{water,out}=W_{out} \cdot m_{out} \quad m_{water,out}=W_{out} \cdot m_{out} \quad (7)$$

Тепер можемо записати модель для ефективності використання стрічкових сушарок:

$$Efficiency = \frac{W_{in} - W_{out}}{W_{in}} \cdot 100 \quad Efficiency = \frac{W_{in} - W_{out}}{W_{in}} \cdot 100 \quad (8)$$

Ця формула визначає ефективність сушіння як відношення зниження вологості до початкової вологості матеріалу, вираженого у відсотках. Чим більше відсоток ефективності, тим більш успішною є сушарка в зниженні вологості продукту.

Ефективність сушіння різної продукції наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Структурно-механічні властивості м'ясної сировини

Вид продукту	Температура (°C)	Час сушіння (години)	Ефективність сушіння (%)
Фрукти	50	6	85
Овочі	60	8	78
М'ясо	70	10	72
Риба	40	4	88
Зерно	80	12	70

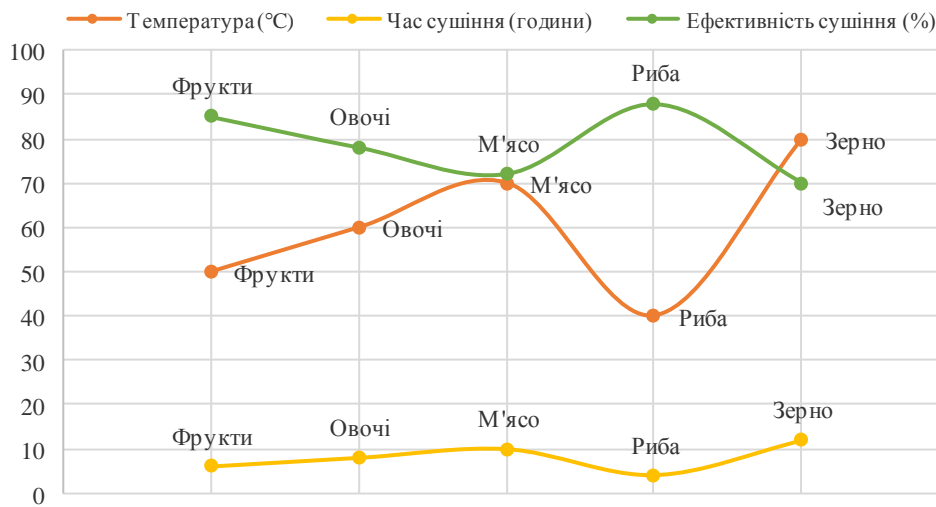


Рис. 2. Ефективність сушіння різної продукції при заданих параметрах

Для оптимізації швидкості руху стрічки і забезпечення оптимального розподілу вологи та ефективного використання тепла можна використовувати математичні моделі, які засновані на фізичних принципах теплопередачі та масообміну.

Припустимо, що процес сушіння в стрічковій сушарці можна описати за допомогою рівняння теплопередачі та масообміну. При цьому можна використовувати наступні змінні:

- v – швидкість руху стрічки (у м/с).
- T – температура повітря у сушарці (у °C).
- W – вологість матеріалу на стрічці (відсотки або десятковий дріб).
- W_{eq} – еквівалентна вологість матеріалу при даній температурі, яка відповідає максимальній насиченій вологості повітря при цій температурі.

Зазвичай, вологість матеріалу у сушарці змінюється з часом за допомогою диференційного рівняння, яке може мати такий вигляд:

$$dW/dt = k \cdot (W_{eq} - W) \quad dW/dt = k \cdot (W_{eq} - W), \quad (9)$$

де k – коефіцієнт, який залежить від температури та інших параметрів сушарки.

Тепер, щоб забезпечити оптимальний розподіл вологи та ефективне використання тепла, можна знайти оптимальну швидкість руху стрічки v , яка мінімізує час сушіння та споживання енергії.

Один із підходів до знаходження оптимальної швидкості полягає в розв'язанні оптимізаційної задачі. Наприклад, можна сформулювати цю задачу як мінімізацію часу сушіння при обмеженнях на ефективність сушіння та обсяг спожитої енергії.

Таким чином, шляхом розв'язання оптимізаційної задачі можна знайти оптимальну швидкість руху стрічки, яка мінімізує час сушіння та споживання енергії при заданих обмеженнях на ефективність сушіння.

Варто зазначити, що реалізація такої математичної моделі може бути досить складною і вимагатиме детального дослідження та експериментів для визначення параметрів та функцій, які входять у задачу оптимізації.

Висновки

З урахуванням зіставлення з іншими типами сушарок та аналізу досліджень, отриманих результатів,

можна зробити декілька ключових висновків:

Стрічкові сушарки відзначаються високим рівнем продуктивності, що дозволяє ефективно опрацювати великі обсяги матеріалів за короткий період часу. Це робить їх привабливим варіантом для великопромислових задач та підприємств, що потребують швидкого сушіння.

Також аналіз показав, що стрічкові сушарки забезпечують рівномірне та ефективне сушіння матеріалів. Це дозволяє зберігати якість та корисні властивості сушених матеріалів, що має важливе значення для харчової промисловості та інших галузей.

Дана сушарка може бути успішно використана для сушіння різних типів матеріалів, таких як зерно, фрукти, деревина та інші. Ця універсальність робить її привабливим варіантом для різних галузей промисловості.

Застосування проекрованої стрічкової сушарки може допомогти оптимізувати процеси сушіння та знизити час сушіння для різних типів матеріалів. Це може призвести до підвищення продуктивності та зниження витрат виробництва.

Література

1. Назаренко В. О., Юдічева О. П., Жук В. А. Формування якості товарів. К. : ЦУЛ, 2012. 386 с.
2. Бондар О. Сушильне та очисне обладнання для зерна. Агроексперт практичний посібник аграрія. 2009. № 11(16). С.102–105.
3. Погожих М.І., Пак А.О. Енергоефективні способи переробки харчової сировини: сушіння плодово-ягідної сировини : навч. Посібник. Х. : ХДУХТ, 2015. 159 с.
4. Снежкін Ю.Ф., Шапар Р.О., Снежкін Є.Ю. Зниження енерговитрат при переробці фруктовово-овочевої сировини. Наук. праці ОНАХТ. Одеса, 2006. Вип. 28. Т. 2. С. 71–73.
5. Снежкін Ю. Ф., Пазюк В. М., Петрова Ж. О., Чалаєв Д. М. Теплоасосна зерносушарка для насінневого зерна : монографія. Київ : Видавництво ТОВ «Поліграф-Сервіс», 2012. 154 с.
6. Подпратов Г. І., Скалецька Л. Ф., Сеньков А. М., Хилевич В. С. Зберігання і переробка продукції рослинництва : навч. посібник. К. : Мета, 2002. 495 с.
7. Бурлака С. А., Кравець С. М. Diagnosis of fuel equipment of diesel engine by removing vybro indicators of fuel supply. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2021. № 3 (114). С. 114–123.
8. Бурлака С. А. Алгоритм функціонування машинно-тракторного агрегату з використанням системи живлення зі змішувачем палив. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. 2022. С. 140–145.

References

1. Nazarenko V. O., Yudicheva O. P., Zhuk V. A. Formuvannya yakosti tovariv. K. : TsUL, 2012. 386 s.
2. Bondar O. Sushylne ta ochysne obladnannya dlia zerna. Agroexpert praktychnyi posibnyk ahrariia. 2009. № 11(16). S.102–105.
3. Pohozhykh M.I., Pak A.O. Enerhoefektyvni sposoby pererobky kharchovoi syrovyny: sushinnia plodovo-yahidnoi syrovyny : navch. Posibnyk. Kh. : KhDUKhT, 2015. 159 s.
4. Sniezhkin Yu.F., Shapar R.O., Sniezhkin Ye.Iu. Znyzhennia enerhovytat pry pererobtsi fruktovo-ovochevoi syrovyny. Nauk. pratsi ONAKhT. Odesa, 2006. Vyp. 28. T. 2. S. 71–73.
5. Sniezhkin Yu. F., Paziuk V. M., Petrova Zh. O., Chalaiev D. M. Teplonasosna zernosusharka dlia nasinnievoho zerna : monohrafiia. Kyiv : Vydavnytstvo TOV «Polihraf-Servis», 2012. 154 s.
6. Podpriatov H. I., Skaletska L. F., Senkov A. M., Khylevych V. S. Zberihannia i pererobka produktsii roslinnytstva : navch. posibnyk. K. : Meta, 2002. 495 s.
7. Burlaka S. A., Kravets S. M. Diagnosis of fuel equipment of diesel engine by removing vybro indicators of fuel supply. Tekhnika, enerhetyka, transport APK. 2021. № 3 (114). S. 114–123.
8. Burlaka S. A. Alhorytm funktsionuvannia mashynno-traktornoho ahrehatu z vykorystanniam systemy zhyvlennia zi zmishuvachem palyv. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnogo universytetu. Serii: Tekhnichni nauky. 2022. S. 140–145.