

## **СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР**

**В.М. Пазюк, Ж.О. Петрова, В.В. Дуб**

*Запропоновано аналіз результатів дослідження питомих витрат теплоти в існуючих зерносушарках на сушіння насіння зернових культур і подано вирішення проблеми енергоефективності через застосування теплонасосних сушильних установок.*

*Теплонасосні сушильні установки показали свою ефективність під час дослідження сушіння насіння зернових культур і зменшення енергетичних витрат на процес зі збереження високої схожості матеріалу.*

**Ключові слова:** сушіння, насіння, зерносушарки, енергозбереження, кінетика, тепловий насос, якість.

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА СУШКИ СЕМЯН ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР**

**В.М. Пазюк, Ж.А. Петрова, В.В. Дуб**

*Предложен анализ результатов исследования удельных затрат на сушку семян зерновых культур в существующих зерносушилках и представлено решение проблемы энергоэффективности через использование теплонасосных сушильных установок.*

*При исследовании сушки семян зерновых культур в теплонасосной сушильной установке были уменьшены затраты на процесс, также сохранены высокие качественные показатели семенного материала.*

**Ключевые слова:** сушка, семена, зерносушилки, энергоэффективность, кинетика, тепловой насос, качество.

## **MODERN STATE OF THE PROBLEMS OF ENHANCING ENERGY EFFICIENCY OF THE PROCESS OF GRAIN SEEDS DRYING**

**V. Pazyuk, Z. Petrova, V. Dub**

*The article deals with two main tasks related to the problem of creating new energy-efficient technologies and equipment for obtaining high-quality seeds of cereals. The presented technology of drying seeds of cereals is based on the*

*implementation of the principles of obtaining heat from alternative energy sources, as well as the generation of heat energy through the utilization of heat from waste drying agent in multi-zone drying plants.*

*When studying heat losses for drying in the existing types of grain dryers, it turned out that they all consume more heat than it is required. They implement the principle of high-temperature drying of grain with subsequent cooling, which justifies itself when drying grain for food purposes, but it cannot be realized with heat treatment of grain seeds.*

*The thermal balance of the mine grain dryer is presented, and heat losses in the process of drying are analyzed to work out measures to reduce specific heat losses for the process.*

*The comparison of energy efficient drying technology according to heat losses indicates a large gap in heat losses between the existing technologies. One of the directions of energy-efficient drying of grain crops is a heat pump that can use various sources of energy in a complex way, as well as the possibility of designing schemes for drying and cooling at different temperatures in various zones of grain dryers.*

*The scheme of a grain dryer with a heat generator from a heat pump indicates an increase in the intensity of low temperature drying of grain due to the decrease of air humidity. Experimental studies of the kinetics of drying rapeseeds in a mine heat pump plant showed an increase in the intensity of the process by 13% compared with the drying on electric heaters.*

*In a dryer with a heat pump of periodic action, specific losses of drying equal 3700 kJ/kg of evaporated moisture, which meets the requirements of heat consumption during seeds drying.*

*The implementation of low-temperature drying modes allows maintaining high quality of the seed material and indicates the expediency of using heat pumps.*

**Keywords:** *drying, seeds, grain dryers, energy efficiency, kinetics, heat pump, quality.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Україна належить до країн з обмеженими власними енергетичними ресурсами, що забезпечує себе енергоносіями лише на 40%. Енергоємність внутрішнього валового продукту (ВВП) в Україні на 60–70% більша ніж у Польщі, Чехії та Угорщині і в 3–5 разів більша, ніж у розвинених країнах Західної Європи та Північної Америки. Корисне використання енергоресурсів в Україні становить 43%, тобто 57% енергії палива втрачається [1].

Україна – велика аграрна держава, яка виробляє 55–60 млн тонн зерна при загальних витратах умовного палива від 0,8 до 1,5 млн тонн. Актуальність проблеми енергозбереження пов'язана з великими обсягами збіжжя: від 50% до 80% зерна, яке щорічно вирощується в Україні, підлягає сушінню. Під час сушіння на кожну тунну висушеного зерна (за умови зниження його вологості від 20% до 14%) витрачається в середньому близько 12 кг умовного палива [2]. Під час

сушіння зерна насінневого призначення витрати теплоти збільшуються в 1,3–1,4 рази, що пов'язано з особливими вимогами до якості матеріалу [3].

У зв'язку з цим актуальним стає питання підвищення енергоефективності процесу сушіння з метою подальшого вдосконалення техніки та технології сушіння.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання підвищення енергоефективності процесу та інтенсивності сушіння зерна досліджено в працях А.В. Ликова, А.С. Гінзбурга, В.В. Краснікова, Г.К. Філоненко, М.О. Грішина, В.І. Жидко, В.А. Резчикова, М.І. Маліна, Ю.Ф. Снежкіна, Г.К. Станкевича, О.Г. Бурдо, В.І. Атаназевича, В.С. Уколова, М.В. Остапчука, Г.М. Окуня, А.Г. Чижикова, ІІ. Гапонюка та ін. [4–17].

Не дивлячись на велику кількість робіт, актуальність проблеми підвищення енергоефективності процесу сушіння не зменшується, а навпаки збільшується у зв'язку з різким підвищенням цін на енергоносії та пальне.

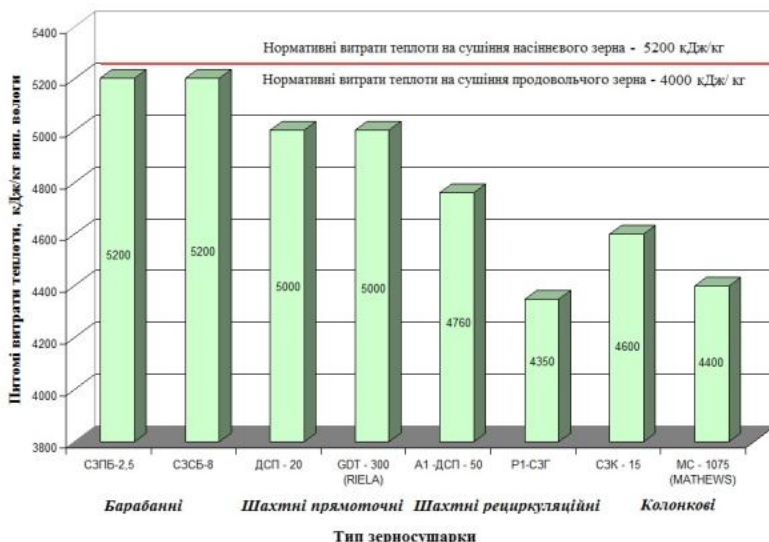
Відновлювальна енергетика стає одним із базових напрямів розвитку технологій у світі, разом з інформаційними та нанотехнологіями вона є складовою нового постіндустріального укладу. До напрямів використання відновлювальних джерел енергії належать також теплові насоси, які використовують розсіяну теплову енергію навколишнього середовища (тепло повітря, ґрунту, природні течії) [18].

Економічна доцільність застосування теплонасосних установок (ТНУ) підтверджена світовим досвідом. Уже сьогодні в розвинутих країнах ТНУ широко використовуються для систем опалення, кондиціонування й інших технологічних процесах (США, Канаді, Швеції, Швейцарії, Німеччині, Австрії та ін.) [19].

**Мета статті** – підвищення енергоефективності сушіння насіння зернових культур через використання теплових насосів.

**Вклад основного матеріалу дослідження.** На сучасному етапі розвитку зерносушильної техніки представлена ціла низка сучасних конструкцій для сушіння насіння зернових культур. Найбільше поширення набули шахтні, колонкові та барабанні зерносушарки. Питомі витрати теплоти на процес сушіння в існуючих зерносушарках становлять 4350–5200 кДж/кг вип. вологи (рис. 1).

Найбільш економічними за даними досліджень є шахтні рециркуляційні та колонкові зерносушарки, що за питомими витратами теплоти не відповідають нормативним вимогам до продовольчого, а також насінневого зерна.



**Рис. 1. Питомі витрати теплоти на сушіння продовольчого зерна в існуючих типах зерносушарок**

Тому необхідно охарактеризувати втрати теплоти на процес сушіння.

Втрати теплоти на процес сушіння зерна  $\sum Q$  (кДж/кг) визначаємо за формулою теплового балансу в шахтній зерносушарці ДСП-32:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6, \quad (1)$$

де  $Q_1$  – втрати теплоти на випаровування вологи (53%), кДж/кг;

$Q_2$  – втрати теплоти на нагрівання зерна (10%), кДж/кг;

$Q_3$  – втрати теплоти на нагрівання транспортних засобів (5%), кДж/кг;

$Q_4$  – втрати теплоти з відпрацьованим теплоносієм (23,9%), кДж/кг;

$Q_5$  – втрати теплоти від корпусу зерносушарки (6,9%), кДж/кг;

$Q_6$  – втрати теплоти від неповного згоряння палива (1%), кДж/кг.

Найбільші втрати теплоти припадають на випаровування вологи та втрати з відпрацьованим теплоносієм, що є резервом щодо

зменшення енергетичних втрат і реалізується через створення ефективних енерготехнологій.

Із заходів, спрямованих на підвищення енергоефективності, можна відзначити активне вентилування, енергозберігаючі технології сушіння, використання теплових насосів. Питомі витрати теплоти, переваги та недоліки для кожної зазначеної технології подано в таблиці.

Реалізація новітніх технологій сушіння насіння зернових культур передбачає перехід від традиційних видів палива до альтернативних та відновлювальних джерел енергії, що значно зменшує витрати теплоти на процес.

Таблиця

**Ефективність технологій сушіння насіння зернових культур**

№ з/п	Технологія	Витрати теплоти, кДж/кг	Переваги	Недоліки
1	2	3	4	5
1	Сушіння з використанням традиційних видів палива	5000–11000	Високе видалення вологи, не потребує додаткового обладнання	Великі енергетичні витрати, зниження якості в разі порушенні технології
2	Активне вентилування	2500–3000	Енергозбереження, висока якість насіння	Тривалість процесу, невелике видалення вологи
3	Застосування енергозберігаючих технологій сушіння	3244–4800	Енергозбереження, висока якість продукції	Потрібні додаткові капітальні вкладення

Продовження табл.

1	2	3	4	5
4	Сушіння із застосуванням теплових насосів (власні дослідження) [11]	3000–3800	Низькі енергетичні витрати, висока якість насіння, зниження собівартості	Недостатньо вивчено та потребує конструкторських розробок

Серед заходів із підвищення енергоефективності зерносушарок можна вказати:

1. Вибір і застосування найбільш оптимального поєднання технологічних режимів сушіння.
2. Підвищення інтенсивності процесу через змішування та відлежування насіння різної вологості й температури.
3. Попереднє нагрівання насіння рециркуляційним зерном.
4. Автоматизація процесу сушіння: організація контролю температури, вологості, швидкості сушильного агента та насіння для збереження якісних характеристик зерна.
5. Удосконалення конструкцій зерносушарок через рівномірне розподілення температури та швидкості сушильного агента, безперервне завантаження та вивантаження висушеного зерна; зневоднення повітря та сушильного агента.
6. Повторне використання теплоти відпрацьованого сушильного агента.
7. Правильна організація роботи та технічна експлуатація зерносушарок і топок, зменшення простоїв обладнання.

Реалізація процесу сушіння насіння зернових культур із застосуванням теплових насосів подано на рис. 2.

Підвищення енергоефективності процесу сушіння зерна можливе через застосування теплових насосів, що можуть виконувати такі завдання:

– використання низькопотенційної теплоти альтернативних джерел енергії (сонячна, навколишнє середовище, геотермальні джерела) і сушіння насіння за постійної температури сушильного агента 40...60 °С;

– зниження втрат теплоти на сушіння зерна в прямоточних і рециркуляційних зерносушарках через заходи спрямовані на рециркуляцію, утилізацію та рекуперацію теплоти відпрацьованого теплоносія й направлення в зону сушіння;

– комплекс заходів, спрямованих на підвищення енергоефективності та інтенсивності сушіння з отриманням високої температури сушильного агента 80...90 °С, а також виконання одночасно декількох технологічних операцій;

– заходи з енергозбереження також залежать від типу робочої речовини в системі ТН, а також розробки та керування більш сучасних ТНСУ з коефіцієнтом перетворення 3 і вище.

Для сушіння насіння зернових культур із застосуванням теплового насоса розроблено схему в Інституті технічної теплофізики НАН України, наведену на рис. 2 [20].

Принцип дії теплонасосного агрегату заснований на використанні низькопотенційної теплоти, яка з витратою необхідної роботи в компресорі перетворюється в теплоту більш високого потенціалу. Температура теплоносія для сушіння насіннєвого зерна на виході з теплонасосної зерносушарки регулюється в діапазоні  $t = 40 \dots 50$  °С.



**Рис. 2. Напрями підвищення енергоефективності процесу сушіння насіннєвого зерна з тепловими насосами**

Теплонасосна зерносушарка працює наступним чином: повітря з оточуючого середовища (рис. 3) надходить на вхід циркулюючого вентилятора, проходить регенеративний теплообмінник 3 (а – а') і

прямує до випарника 4, де зневоднюється за рахунок охолодження нижче температури роси ( $a' - o$ ), а скраплена волога відводиться до збірника конденсату.

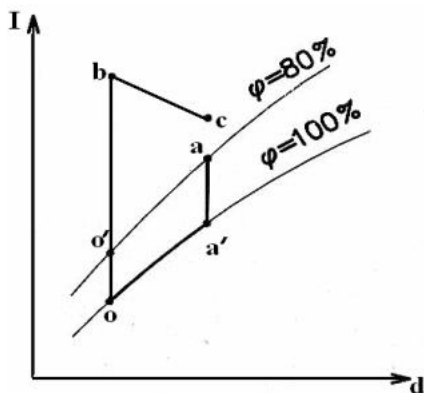
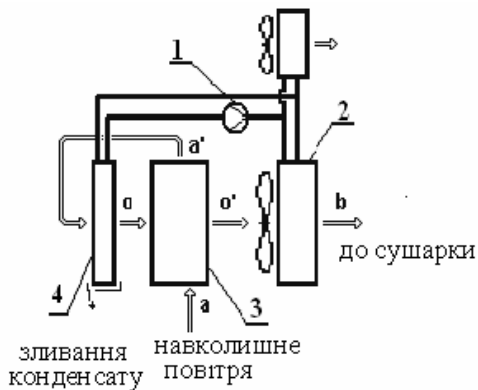
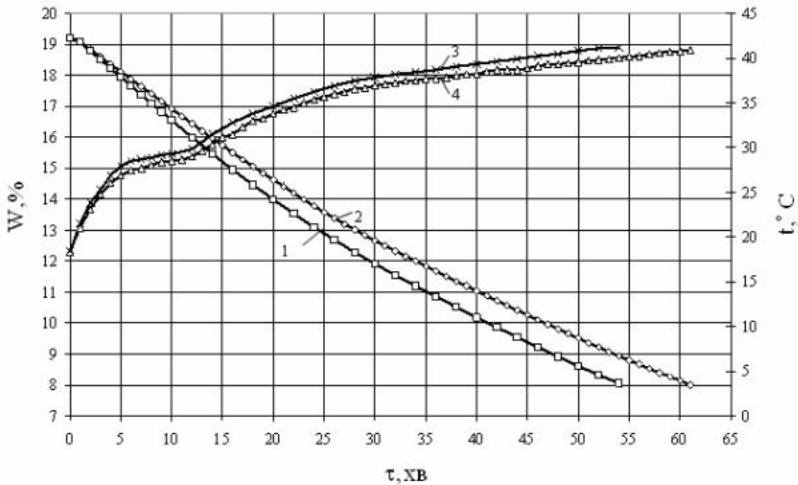


Рис. 3. Схема роботи теплонасосної зерносушарки для сушіння насіння зернових культур: 1 – компресор; 2 – повітряний конденсатор; 3 – рекуператор; 4 – випарник;  $a - a'$  – попереднє охолодження навколишнього середовища в рекуператорі;  $a' - o$  – зневоднення навколишнього середовища;  $o - o'$  – часткове відновлення температури повітря;  $o' - b$  – нагрівання в конденсаторі до заданої температури



Зневоднене повітря надходить до регенеративного теплообмінника 3, частково відновлює свій температурний потенціал ( $\theta - \theta'$ ) і направляється до конденсатора 2, де нагрівається до заданої температури ( $\theta' - b$ ). Нагріте зневоднене повітря через повітропровід надходить до сушильної камери, де вступає в тепломасообмінний контакт із вологим зерном. Проходячи крізь шар вологого зерна, гаряче сухе повітря забирає із зерна зайву вологу та викидається в навколишнє середовище.



**Рис. 4.** Кінетика процесу та температурні криві сушіння насіння ріпаку із застосуванням: 1 – теплового насоса ( $d = 6$  г/кг с.п.); 2 – електронагрівом ( $d = 10$  г/кг с.п.):  $t = 50$  °C,  $V = 1,2$  м/с,  $W_n = 19,2\%$ ,  $\delta = 20$  мм

Порівняння кінетики сушіння насіння ріпаку з використанням теплового насоса та електронагрівом за температури теплоносія 50 °C наведено на рис. 4.

На наведених графіках кривих сушіння можна відзначити період нагрівання, постійної та спадаючої швидкості сушіння. Також кінцева температура нагрівання насіння становить 43 °C, що не перевищує граничнодопустиму температуру й не змінює якість матеріалу.

**Висновки.** Інтенсивність процесу сушіння в тепловому насосі зменшується на 15%, питомі витрати становлять близько 3700 кДж/кг випаруваної вологи, та зберігається висока якість насіння.

### Список джерел інформації / References

1. Шевцов А. Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії в Україні у світлі нових європейських ініціатив [Електронний ресурс] / А. Шевцов, М. Земляний, Т. Рязова. – Режим доступу : [www.niss.gov.ua/Monitor//november08/2.htm](http://www.niss.gov.ua/Monitor//november08/2.htm)

Shevtsov, A., Zemlianyi, M., Riazova, T. *Nontraditional and renewable energy sources in Ukraine in the light of new European initiatives* [Netradytsiini ta vidnovliuvalni dzherala enerhii v Ukraini u svitli novykh yevropeiskykh initsiatyv], available at: [www.niss.gov.ua/Monitor//november08/2.htm](http://www.niss.gov.ua/Monitor//november08/2.htm)

2. Резчиков В. А. Теория и практика энергосбережения при сушке зерна / В. А. Резчиков. – М. : ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, 1991. – 56 с. – (Обзорная информация. Сер. Элев. пром-сть).

Rezchikov, V.A. (1991), *Theory and practice of energy saving in the grain drying* [Teoriya i praktika energosberezeniya pri sushke zerna], TsNIITEI of bakery products, Moscow, 56 p.

3. Інструкція по сушінню продовольчого, кормового зерна, насіння олійних культур та експлуатації зерносушарок. – К. : АК «Хліб України», 1997. – 72 с.

*Instructions for food and feed grain drying, oilseed crops drying and maintenance of grain dryers* (1997), [Instruktsiia po sushinniu prodovolchoho, kormovoho zerna, nasinnia oliinykh kultur ta ekspluatatsii zernosusharok], AC "Khlіb Ukrainy" Publ., K., 72 p.

4. Лыков А. В. Теория сушки / А. В. Лыков. – М. : Энергия, 1968. – 472 с.

Lyikov, A.V. (1968), *The Theory of Drying* [Teoriya sushki], Energy, Moscow, 472 p.

5. Гинзбург А. С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов / А. С. Гинзбург. – М. : Пищевая промышленность, 1973. – 528 с.

Ginzburg, A.S. (1973), *Basic theory and technique of drying food products* [Osnovy teorii i tehnik sushki pishevyyih produktov], Food industry, Moscow, 528 p.

6. Филоненко Г. К. Сушильные установки / Г. К. Филоненко, П. Д. Лебедев. – М. : Госэнергоиздат, 1952. – 264 с.

Filonenko, G.K., Lebedev, P.D. (1952), *Drying plants* [Sushilnyie ustanovki], Gosenergoizdat Publ., Moscow, 264 p.

7. Красников В. В. Кондуктивная сушка / В. В. Красников. – М. : Энергия, 1973. – 288 с.

Krasnikov, V.V. (1973), *Conductive drying* [Konduktivnaya sushka], Energy, Moscow, 288 p.

8. Гришин М. А. Установки для сушки пищевых продуктов / М. А. Гришин, В. И. Атаназевич, Ю. Г. Семенов. – М. : Агропромиздат, 1989. – 215 с.

Grishin, M.A., Atanazevich, V.I., Semenov, Yu.G. (1989), *Drying plants for food products* [Ustanovki dlya sushki pishevyyih produktov], Agropromizdat Publ., Moscow, 215 p.

9. Жидко В. И. Зерносушение и зерносушилки / В. И. Жидко, В. А. Резчиков, В. С. Уколов. – М. : Колос, 1982. – 239 с.

Zhidko, V.I., Rezchikov, V.A., Ukolov, V.S. (1982), *Grain drying and grain dryers* [Zernosusheniye i zernosushilki], Kolos Publ., Moscow, 239 p.

10. Малин Н. И. Снижение энергозатрат на сушку зерна / Н. И. Малин. – М. : ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, 1991. – 46 с. – (Обзорная информация. Сер. Элев. пром-сть).

Malin, N.I. (1991), *Reduction of energy consumption in grain drying [Snizhenie energozatrat na sushku zerna]*, TsNITETI of bakery products, Moscow, 46 p.

11. Теплонасосна зерносушарка для насінневого зерна / Ю. Ф. Снежкін, В. М. Павюк, Ж. О. Петрова, Д. М. Чалаєв. – Київ : Поліграф-Сервіс, 2012. – 154 с.

Sniezhkin, Yu.F., Paziuk, V.M., Petrova, Zh.O., Chalaiev, D.M. (2012), *Heat pump grain dryer for grain seeds [Teplonasosna zernosusharka dlia nasimnievoho zerna]*, PolihrafServis Publ., Kyiv, 154 p.

12. Станкевич Г. М. Сушіння зерна : підручник / Г. М. Станкевич, Т. В. Страхова, В. І. Атаназевич. – К. : Либідь, 1997. – 352 с.

Stankevych, H.M., Strakhova, T.V., Atanazevych, V.I. (1997), *[Sushinnia zerna: pidruchnyk]*, Lybid Publ., Kyiv, 352 p.

13. Остапчук Н. В. Повышение эффективности сушки / Н. В. Остапчук. – К. : Урожай, 1988. – 48 с.

Ostapchuk, N.V. (1988), *Increasing the drying efficiency [Povyishenie effektivnosti sushki]*, Urozhay Publ., Kyiv, 48 p.

14. Бурдо О. Г. Новые теплотехнологии зерносушения / О. Г. Бурдо, А. В. Зыков, С. И. Милинчук // Зернові продукти і комбіорма. – 2006. – № 3. – С. 16–21.

Burdo, O.G., Zyikov, A.V., Milinchuk, S.I. (2006), "New heat technologies of grain drying" ["Novyye teplotekhnologii zernosusheniya"], *Cereal products and mixed fodder*, No. 2, pp. 16-21.

15. Чайченец Н. С. Теплонасосные сушильные установки для зерна / Н. С. Чайченец. – М. : ЦНИИТЭИ хлебопродуктов, 1991. – 52 с. – (Обзорная информация. Сер. Элев. пром-сть).

Chaychenets, N.S. (1991), *Heat pump drying plants for grain [Teplonasosnyie sushilnyie ustanovki dlya zerna]*, TsNITETI of bakery products, Moscow, 52 p.

16. Окунь Г. К. Тенденции развития технологии и технических средств сушки зерна / Г. К. Окунь, А. Г. Чижиков. – М. : ВНШТЭИ агропром, 1987. – 52 с.

Okun, G.K., Chizhikov, A.G. (1987), *Trends in the development of technology and means of grain drying [Tendentsii razvitiya tekhnologii i tehnicheskih sredstv sushki zerna]*, NShTEIagroprom Publ., Moscow, 52 p.

17. Гапонюк І. І. Удосконалення технології сушіння зерна : монографія / І. І. Гапонюк. – Одеса : Поліграф, 2009. – 182 с.

Haponiuk, I.I. (2009), *Improving the grain drying technology [Udoskonalennia tekhnologii sushinnia zerna: monografiia]*, PolihrafPubl., Odesa, 182 p.

18. Энергетичні ресурси і потоки / А. К. Шидловська, Ю. О. Віхорев, В. О. Гінайло [та ін.] ; під заг. ред. А. К. Шидловського. – Київ : Українські енциклопедичні знання, 2003. – 472 с.

18. Shydlovska, A.K., Vikhoreiev, Yu.O., Hinailo, V.O. (2003), *Energy resources and flows [Enerhetychni resursy i potoky]*, Ukrainian Encyclopedic Knowledge, Kyiv, 472 p.

19. Теплові насоси в системах теплохолодопостачання / Ю. Ф. Снежкін, Д. М. Чалаєв, В. С. Шаврин, Н. О. Дабіжа ; під ред. академіка НАН України А. А. Долінського ; НАН України, Ін-т техн. теплофізики. – Київ : Поліграф-Сервіс, 2009. – 104 с.

Sniezhkin, Yu.F., Chalaiev, D.M., Shavryn, V.S., Dabizha, N.O. (2009), *Heat pumps in heat-supplying systems [Теплові насоси в системах теплохолодопостачання]*, edited by academician of NAS of Ukraine – Dolinskyi A.A., Polihraf-Servis Publ., Kyiv, 104 p.

20. Снежкін Ю. Ф. Интенсификация процесса сушки семенного зерна – рапса в теплонасосной сушильной установке / Ю. Ф. Снежкін, В. М. Пазюк, Т. А. Михайлик. – Одеса, 2009. – Т. 2, вип. 35. – С. 197–200.

Snezhkin, Yu.F., Pazyuk, V.M., Mihaylik, T.A. (2009), "Intensification of drying process of rapeseed grain in a heat pump dryer" ["Intensifikatsiya protsessa sushki semennogo zerna – rapsa v teplonasosnoy sushilnoy ustanovke"], *Scientific works of ODAHT*, Odesa, Vol. 2, Iss. 35, pp. 197-200.

**Пазюк Вадим Михайлович**, канд. техн. наук, ст. наук співроб., відділ тепломасопереносу в теплотехнологіях, Інститут технічної теплофізики НАН України. Адреса: вул. Булаховського, 2, м. Київ, Україна, 03164. Тел.: (044)424-96-38; e-mail: vadim\_pazuk@ukr.net.

**Пазюк Вадим Михайлович**, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., отдел тепломасопереноса в теплотехнологіях, Інститут технічної теплофізики НАН України. Адрес: ул. Булаховского, 2, г. Киев, Украина, 03164. Тел.: (044)424-96-38; e-mail: vadim\_pazuk@ukr.net.

**Pazyuk Vadim**, candidate of sciences (comparable to the academic degree of Doctor Philosophy, PhD), senior researcher of the Institute of technical thermal physics TMP T NAS of Ukraine, Institute of technical thermal physics NAS of Ukraine. Address: Bulakhovskogo str., 2, Kyiv, Ukraine, 03164. Tel.: (044)424-96-38; e-mail: vadim\_pazuk@ukr.net.

**Петрова Жанна Олександрівна**, д-р техн. наук, голов. наук співроб., відділ тепломасопереносу в теплотехнологіях, Інститут технічної теплофізики НАН України. Адреса: вул. Булаховського, 2, м. Київ, Україна, 03164. Тел.: (044)424-96-38; e-mail: bergelzhanna@ukr.net.

**Петрова Жанна Александровна**, д-р техн. наук, гл. науч. сотр., отдел тепломасопереноса в теплотехнологіях, Інститут технічної теплофізики НАН України. Адрес: ул. Булаховского, 2, г. Киев, Украина, 03164. Тел.: (044)424-96-38; e-mail: bergelzhanna@ukr.net.

**Petrova Zhanna**, chief researcher of the Institute of technical thermal physics NTPS NAS of Ukraine, Institute of technical thermal physics NAS of Ukraine. Address: Bulakhovskogo str., 2, Kyiv, Ukraine, 03164. Tel.: (044)424-96-38; e-mail: bergelzhanna@ukr.net.

**Дуб Володимир Васильович**, канд. техн. наук, доц., кафедра устаткування харчової та готельної індустрії ім. М.І. Беляєва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051 Тел.: (057)349-45-10; e-mail: vvdub7@gmail.com.

**Дуб Владимир Васильевич**, канд. техн. наук, доц., кафедра оборудования пищевой и гостиничной индустрии им. М.И. Беляева, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-10; e-mail: vvdub7@gmail.com

**Dub Volodymyr**, candidate of sciences (comparable to the academic degree of Doctor Philosophy, PhD), associate professor of Department of the food and hotel industry equipment of M.I. Belyaev, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: str. Klochkivska, 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-10; e-mail: vvdub7@gmail.com  
DOI: 10.5281/zenodo.1306666

УДК 641.512.06

## **МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ НАРІЗКИ ОВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ**

**А.В. Шеїна, В.П. Хорольський**

*Розглянуто питання визначення якості нарізання рослинної сировини в овочерізальних машинах дискового типу. Розроблено методику оцінювання та обґрунтовано призначення показників якості. Досліджено вплив структури сировини, швидкості різання та товщини нарізання на показники якості. За результатами досліджень надано рекомендації з проектування та експлуатації овочерізального устаткування.*

**Ключові слова:** різання, показники якості, швидкість різання, товщина нарізання, овочі.

## **МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА НАРЕЗКИ ОВОЩНОГО СЫРЬЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ ВЛИЯНИЯ**

**А.В. Шенна, В.П. Хорольский**

*Рассмотрен вопрос определения качества нарезки растительного сырья в овощерезательных машинах дискового типа. Разработана методика оценивания и обосновано назначение показателей качества. Исследовано влияние структуры сырья, скорости резания и толщины нарезки на показатели качества. По результатам исследований даны рекомендации относительно проектирования и эксплуатации овощерезательного оборудования.*

**Ключевые слова:** резание, показатели качества, скорость резания, толщина нарезки, овощи.