

Оценка эффективности любой системы регулирования холодопроизводительности осуществляется по следующим критериям:

- точность регулирования (соответствие холодопроизводительности или тепловой мощности фактически требуемой);
- холодильный коэффициент, т.е. эффективность системы;
- стоимость системы;
- эксплуатационная надежность.

В предлагаемой системе точность регулирования системы в данной схеме определяется точностью настроек и выбранным дифференциалом контроллера низкого давления, осуществляющего переключение режимов зарядки аккумулятора и переохлаждения жидкого хладагента.

COP растёт, а его повышение существенно зависит от суточных колебаний нагрузки на систему охлаждения.

Стоимость системы напрямую зависит от производительности аккумулятора.

Эксплуатационная надежность предлагаемой системы достаточно высокая, т.к. практически не имеет дополнительных движущихся частей и механизмов. Кроме того, работа компрессора имеет стабильный режим работы без частых включений и выключений и в достаточно узком диапазоне низкого давления.

Наиболее рациональное применение подобной схемы – среднетемпературные централизованные системы хладоснабжения магазинов на базе однокомпрессорных агрегатов.

**Выводы.** Предложенная система регулирования холодопроизводительности при переменных тепловых нагрузках за счет аккумуляции холода позволяет повысить энергоэффективность работы холодильной системы при сохранении высокой точности регулирования, низкой стоимости системы и эксплуатационной надежности оборудования.

#### Литература

1. Рей Д. Экономия энергии в промышленности: Справочное пособие для инженерно-технических работников. Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 208 с.
2. В. Маак, Г. – Ю. Эккерт, Ж. – Л. Кошпен. Учебник по холодильной технике: Пер. с франц. – М.: Издательство Московского Университета, 1998. – 1142 с.
3. Доссат Рой Дж. Основы холодильной техники. Пер. с англ. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 520 с.
4. Якобсон В. Б. Малые холодильные машины. – М.: Пищевая промышленность, 1977. – 368 с.

УДК 664.83

## ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ КОНВЕКТИВНОГО СУШІННЯ ГРИБІВ

**Поперечний А.М., д.т.н., професор, Гніцевич В.А., д.т.н., доцент,  
Корнійчук В.Г., к.т.н., доцент, Слащева А.В., к.т.н., доцент  
Чехова Н.С., аспірант**

**Донецький національний університет економіки і торгівлі  
імені Михайла Туган-Барановського, м. Донецьк**

*Наведено дані про вплив температури на процес конвективного сушіння грибів в нерухомому і псевдо-дозріженому шарах. За експериментальними даними побудовані криві сушіння, криві швидкості сушіння, термограми, запропоновано апаратне оформлення сушіння грибів.*

*The article shows the effect of temperature on the process of convection drying of mushrooms in stationary and pseudo-liquefied layer. Based on the experimental data curve constructed drying, drying rate curve, thermograms, proposed composition of hardware installations for drying mushrooms.*

**Ключові слова:** сушіння, гриби, процес, параметр, термограма, вологовміст.

Розвиток харчової промисловості має тенденції до постійного росту виробництва сухих харчових продуктів. Проблема забезпечення населення білком останнім часом набуває все більшого значення. На думку вчених дві третини потреб людства в білку в майбутньому задовольнятиметься за рахунок споживання їстівних грибів. Культивовані гриби – цінний білковий харчовий продукт. Вони є джерелом незамінних амінокислот, вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон.

Для виробництва напівфабрикату на основі печериць використовуються свіжі культивовані гриби. Оскільки ця сировина є швидкопсувною, постає необхідність використання методів її збереження шляхом температурної обробки. Найбільш перспективним з цієї точки зору є сушіння грибної сировини.

Відомо, що сушіння продукції рослинництва (овочів, плодів, грибів) та продуктів її переробки є однією з найбільш трудомістких та енергоємних операцій усього технологічного процесу переробки плодоовочевої сировини, яка потребує постійного вдосконалення методів та обладнання.

Загальновізнано, що сушіння є технологічним процесом, при проведенні якого повинні бути збережені первинні властивості матеріалів, а в деяких випадках ці властивості повинні бути навіть покращені. Під технологічними властивостями харчових продуктів розуміють різні властивості – біологічні, фізико-хімічні, структурно-механічні, теплофізичні, електрофізичні та ін.. Для кожного конкретного продукту ті чи інші властивості відіграють вирішальну роль і визначають його якісні показники. Важливо, щоб у процесі сушіння були збережені і поліпшені саме ці основні властивості, в той час як інші властивості неминуче будуть змінюватись.

Незважаючи на специфічні властивості окремих харчових продуктів, можна відзначити і деякі загальні характеристики їх як об'єктів сушіння. Одним з основних факторів, що визначає властивості харчових продуктів є вологість. Зневоднення харчових продуктів проводиться з метою запобігання або уповільнення фізико-хімічних, біохімічних, та інших процесів, які можуть призвести до зниження харчової цінності продуктів і навіть до їхнього псування. Разом з тим, сам процес сушіння повинен здійснюватися в умовах, що запобігають виникненню необоротних змін у продуктах, які можуть призвести до погіршення їх якості. Таким чином, для правильного вибору обладнання і режимних параметрів процесу сушіння необхідно враховувати властивості продукту, особливості методу сушіння і конструктивні особливості сушильної установки.

Як правило, гриби сушать в конвективних сушарках, які мають велику кількість варіантів конструкцій: барабанні, стрічкові, тунельні, коридорні, шахтні тощо.

В останні роки обробка матеріалів в псевдозрідженому шарі знаходить широке застосування в різних галузях промисловості. Застосування цього методу для сушіння харчових продуктів дозволяє значно прискорити процес, що важливо не тільки для підвищення техніко-економічних показників сушильних установок, але і для поліпшення якості багатьох продуктів, так як при тривалій термічній обробці якість їх може значно погіршитися.

Метою даної роботи є дослідження процесу сушіння печериці двоспорової у нерухомому та псевдозрідженому шарі та визначення раціонального апаратурного оформлення процесу.

Для вибору конструкції сушарки і раціональних параметрів сушіння необхідно знати залежності вихідних параметрів матеріалу від умов проведення процесу, насамперед, кінетичні залежності сушіння.

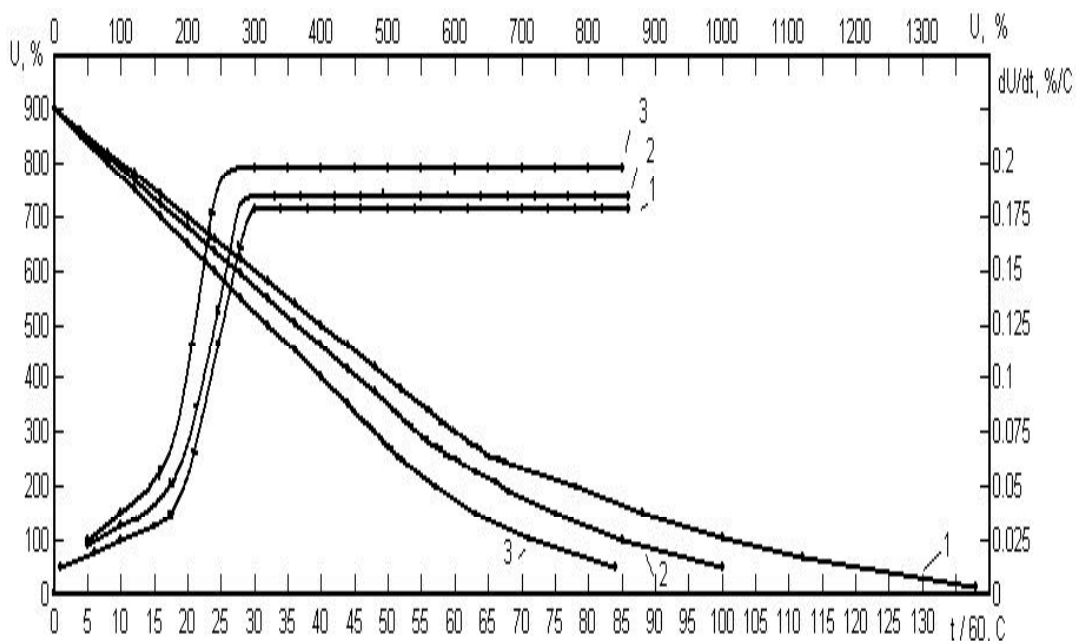
Досліди проводили на лабораторному устаткуванні у лабораторіях процесів і апаратів кафедри обладнання харчових виробництв ДонНУЕТ.

Перед проведенням дослідів гриби подрібнювали кубиками розмірами 7x7x7 мм. Сушіння проводили при температурах сушильного агенту 55°C, 65°C, 75°C з метою кращого збереження корисних речовин. Перед кожним дослідом установку налаштовували на певний режим роботи (прогрівали робочу камеру, встановлювали необхідну температуру і швидкість повітря). Досягнення робочого стану визначали за незмінністю режимних параметрів.

На рис. 1 і рис. 2 представлені криві конвективного сушіння і криві швидкості сушіння печериць в нерухомому і псевдозрідженому шарі. Криві швидкості сушіння будувалися шляхом графічного диференціювання кривих сушіння.

Як видно з наведених кривих, процес видалення вологи протікає практично в два періоди – постійної і падаючої швидкості, ділянки яких чітко відокремлюються на кривих сушіння і швидкості сушіння.

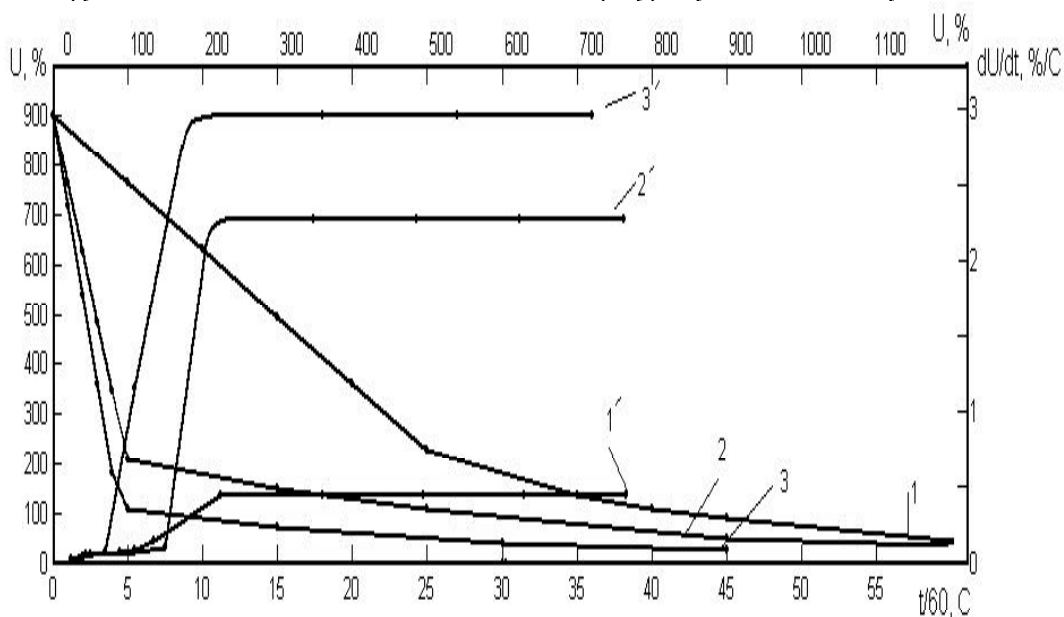
Початкова стадія процесу – прогрів продукту – на графіках не проглядається. У першому періоді постійної швидкості видаляється в основному вільна волога, зменшення вологовмісту відповідає лінійному закону за часом.



1 – температура сушильного агенту  $55^{\circ}C$ ;  
 2 – температура сушильного агенту  $65^{\circ}C$ ;  
 3 – температура сушильного агенту  $75^{\circ}C$ .

**Рис. 1 – Криві сушіння і швидкості сушіння печериці двоспорової в нерухомому шарі**

Критична точка, що характеризує перехід від періоду постійної швидкості до періоду падаючої швидкості сушіння для нерухомого шару, визначається вологовмістом в межах 300...250 %, а для псевдозріженого шару в межах 210...180 % в залежності від температури сушильного агенту.



1 – температура сушильного агенту  $55^{\circ}C$ ;  
 2 – температура сушильного агенту  $65^{\circ}C$ ;  
 3 – температура сушильного агенту  $75^{\circ}C$

**Рис. 2 – Криві сушіння (1, 2, 3) і швидкості сушіння (1', 2', 3') печериці двоспорової в псевдозріженому шарі**

Причому, менше значення критичного вологовмісту відповідає вищій температурі повітря, на відміну від конвективного сушіння капілярно-пористих матеріалів [1].

Слід зазначити, що при сушінні в псевдозрідженому шарі досягнення критичного вологовмісту відбувається в декілька разів швидше, ніж при сушінні в нерухомому шарі (для температури 75°C – за 4 і 52 хвилини, для температури 65°C – за 5 і 58 хвилин, для температури 55°C – за 25 і 65 хвилин відповідно).

Про значну інтенсифікацію нагрівання продукту при підвищенні температури повітря свідчать також термограми, наведені на рис. 3 і рис. 4. Для побудови термограм вимірювалася температура в центрі кубика продукту.

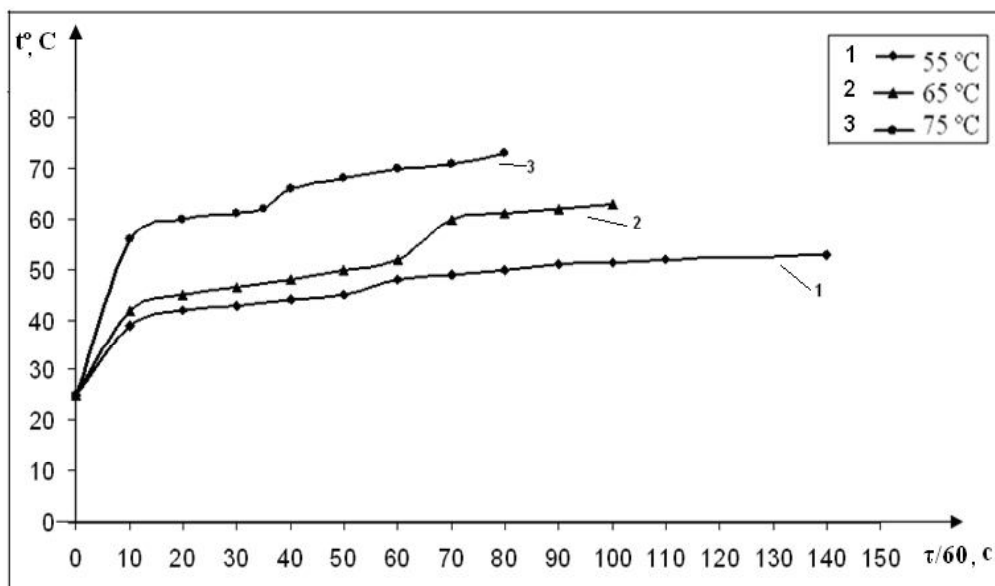


Рис. 3 – Термограми печериці при конвективному сушінні в нерухомому шарі

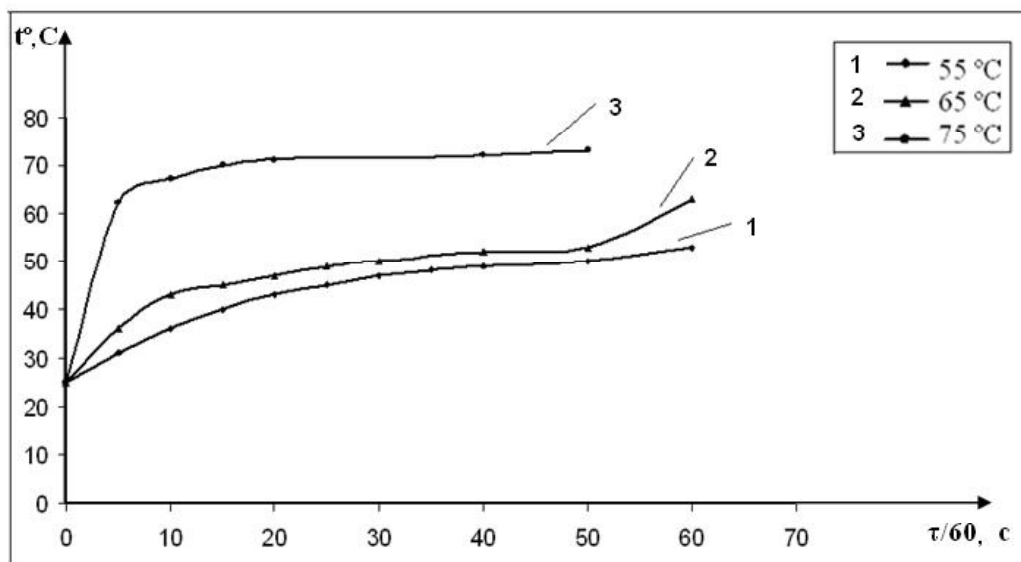


Рис. 4 – Термограми печериці при конвективному сушінні в псевдозрідженому шарі

На термограмах практично відсутні горизонтальні ділянки, характерні для періоду постійної швидкості сушіння. Замість неї на кривих проглядається опукла до осі часу ділянка незначного зростання температури, розмір якої збільшується з підвищенням температури повітря. На початку процесу на кривих спостерігається ділянка інтенсивного підвищення температури, нахил якої до осі часу збільшується зі збільшенням температури повітря. Закінчуються термограми ділянкою незначного підвищення температури, зумовленого наближенням температури продукту до температури теплоносія.

Температура продукту при досягненні критичного вологовмісту при сушінні в псевдозрідженому шарі менша, ніж при сушінні в нерухомому шарі (для температури повітря 75°C – 65 і 71°C, для температури повітря 65°C – 36 і 55°C, для температури повітря 55°C – 45 і 52°C відповідно).

#### Висновки.

На основі наведених даних, можна зробити висновок, що з метою зменшення енерговитрат на проведення процесу сушіння доцільно використати комбіновану установку, яка складається з сушарки псевдозрідженого шару і стрічкової, або барабанної сушарки. В сушарці псевдозрідженого шару процес проводиться до критичного вологовмісту, а в стрічковій сушарці процес проводиться до заданого вологовмісту.

#### Література

1. Лыков, А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – М.: Энергия, 1968. – 472 с.
2. Снежкін, Ю.Ф. Тепломасообмінні процеси під час одержання каротиновмісних порошків: монографія / Ю.Ф. Снежкін, Ж.О. Петрова. – К.:Академ-періодика, 2007. – 162 с.- ISBN 978-966-360-076-5.
3. Гинзбург, А.С. Сушка пищевых продуктов в кипящем слое / А.С. Гинзбург, В.А. Резчиков – М.: Пищевая промышленность, 1966 – 195 с.

УДК 664.854:633.85:621.3.023

## ЗАВИСИМОСТЬ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК НЕКОТОРЫХ МАСЛОСОДЕРЖАЩИХ ПРОДУКТОВ ОТ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ СУШКИ

Берник М.П., канд. техн. наук, доцент  
Технический Университет Молдовы, г. Кишинев

*В работе представлены электрофизические характеристики - тангенс угла диэлектрических потерь и относительная диэлектрической проницаемости для масличных культур, таких как ядра косточек миндаля, плоды облепихи и семена подсолнечника, в зависимости от вариации температуры продукта и ее влажности. Определена зависимость интенсивности электромагнитного поля Т.В.Ч. при условии поддержания постоянного тепловыделения в продукте от основных параметров сушки масличных культур.*

*The paper presents the electrical properties - dielectric loss tangent and relative permittivity of oil-bearing crops such as seed kernels of almonds, sea buckthorn fruits and sunflower seeds, depending on the variation of product temperature and humidity. It was determined the dependence of the intensity of the U.H.F. electromagnetic field, subject to maintain a constant heat in the product, on the basic parameters of oilseeds' drying.*

**Ключевые слова:** масличные культуры, сушка ТВЧ, тангенс угла диэлектрических потерь, относительная диэлектрическая проницаемость.

Известно, что под воздействием электромагнитного поля, влажные масличные культуры нагреваются за счет диэлектрических потерь в продукте. Эти потери в большой степени зависят от относительной диэлектрической проницаемости  $\epsilon'$  и тангенса угла диэлектрических потерь  $\operatorname{tg}\delta$ , что является основополагающим для расчета внутреннего источника тепла.

Тепло, выделяемое под воздействием электромагнитных полей Т.В.Ч. ( $Q$ , Вт/м<sup>3</sup>), определяется общеизвестной формулой [1]:

$$Q = 0,555 \cdot 10^{-6} \cdot f \cdot \epsilon' \cdot \operatorname{tg}\delta \cdot E^2 \quad (1)$$

где  $f$  – частота электромагнитного поля, Гц;

$\epsilon'$  – относительная диэлектрическая проницаемость продукта;

$\operatorname{tg}\delta$  – тангенс угла диэлектрических потерь продукта;

$E$  – напряженность электромагнитного поля, кВ/м.

Таким образом, с целью определения оптимальных параметров процесса сушки Т.В.Ч влажных материалов, в частности маслосодержащего растительного сырья и для обеспечения возможности комплексной автоматизации данного процесса, необходимы сведения об электрофизических параметрах