

Для метрологічно обґрунтованих автоматичних вимірів вологості зерна в потоці і стабілізації метрологічних характеристик каналу виміру пропонується реалізація автоматизованої системи вимірів. У такій системі, поряд з каналом автоматичних безперервних вимірів, зберігається канал періодичних лабораторних вимірів, точність яких забезпечено стандартизованою методикою виміру. Це дозволяє реалізувати в системі спеціальний негативний зворотний зв'язок. Функціонування контура цього зворотного зв'язку дозволить вирішити завдання стабілізації точності автоматичних вимірів вологості на рівні точності лабораторних вимірів при змінах в широких діапазонах властивостей зерна і дрейфу характеристик компонентів автоматичного вологоміра.

Наступний етап досліджень – конкретизація алгоритмів функціонування контура зворотного зв'язку для конкретних особливостей зміни вологості зерна на вході і виході зерносушарок.

Література

1. Хобин В.А., Гапонюк И.О. Измерение влажности зерна в потоке: актуальность, технические средства, проблемы точности, пути решения // Хранение и переработка зерна. – Днепропетровск, 2009. – № 4(70). – С. 41 – 44.
2. Словарь по кибернетике: Св. 2000 ст. / Под ред. В.С. Михалевича. – 2-е изд. – К.: Гл. ред. УСЭ им. М.П. Бажана, 1989. – 751 с.
3. Секанов Ю.П. Влагометрия сыпучих и волокнистых растительных материалов. – М.: ВИМ, 2001. – 189 с.
4. Просянык А.В., Клабуков В.Ф., Соснин К.В. Влагомер зерна в потоке – мал золотник, да дорог // <http://www.dnvpeldorado.dp.ua>
5. Ренгарт И.И. Влагомеры микрорадар – контроль влажности от приемки зерна до готового продукта // <http://microradar.narod.ru/all/physics/mw1/mw1.htm>
6. Лыков А.Г. Исследование и обоснование структуры электронного устройства контроля влажности зерна // <http://masters.donntu.edu.ua/2001/kita/lykov/diss/index.htm>
7. ГОСТ 13586.5-85. Зерно. Метод определения влажности. – Взамен ГОСТ 3040-55 в части метода определения влажности; Введ. 14.11.85. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 8 с.
8. ГОСТ 29143-91 (ИСО 712-85). Зерно и зернопродукты. Определение влажности (рабочий контрольный метод). – Введ. 05.12.91. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 5 с.
9. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1991. – 304 с.: ил.
10. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. Рекомендации по межгосударственной стандартизации РМГ 29-99, Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Минск: изд-во стандартов. – Москва, 2003. – 50 с.
11. Хобин В.А., Степанов М.Т., Гапонюк И.О. Повышение энергетической эффективности процессов сушки зерна на базе систем гарантирующего управления // Мат. III Международ. науч.-практ. конф. «Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов) СЭТТ – 2008». – Москва – Тамбов: Мат. в 2-х т. – Т. 1. – С. 334 – 343.
12. Бромберг Э.М., Куликовский К.Л. Тестовые методы повышения точности измерений. – М.: Энергия, 1978. – 176 с.

УДК 664:621.1.016

КІНЕТИКА СУШІННЯ ПШЕНИЦІ В АПАРАТАХ НА БАЗІ ТЕРМОСИФОНІВ

**Бурдо О. Г., д-р техн. наук, професор, Безбах І. В, канд. техн. наук, Донкоглов В. І., асп.
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса**

Розглянуто апарати на базі термосифонів для сушіння. Наведено результати експериментальних досліджень.

Devices on the basis of thermosiphons for drying are considered. Results of experimental researches are presented.

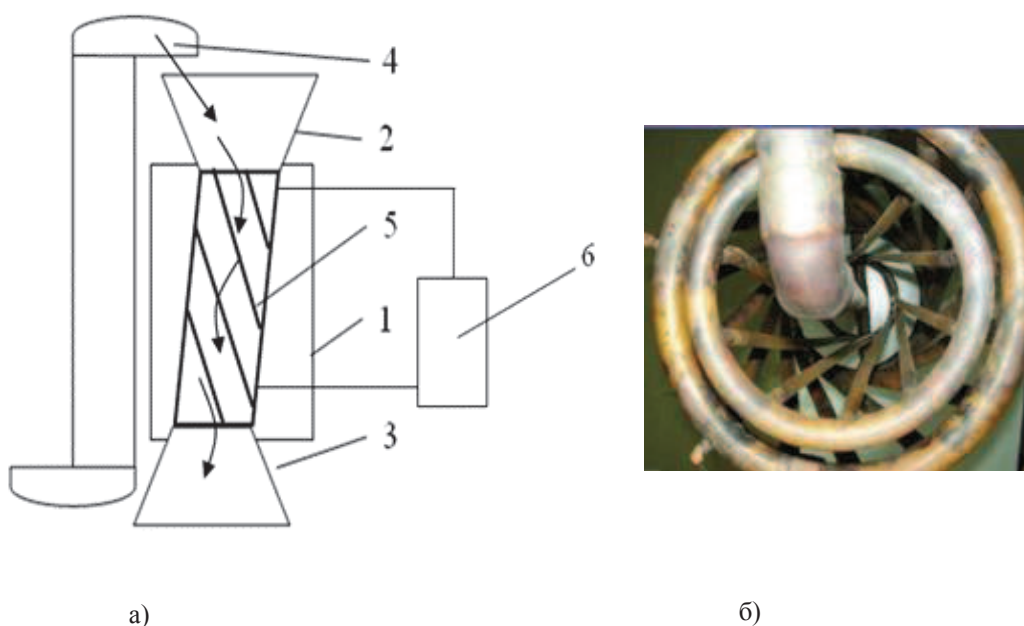
Ключові слова: термосифони, пшениця.

Для вирішення завдання збереження й поліпшення якості дисперсних харчових продуктів у харчовій промисловості використовують комплекс різних заходів. Зокрема до них належать сушіння, активне вентилявання. Найпоширенішим є конвективний спосіб сушіння, при якому теплота передається до продукту від суміші топкових газів з повітрям або від чистого повітря, попередньо нагрітого в калорифері. Характер розвитку сушильної техніки, аналіз літературних джерел показують, що енергетичному аналізу зерносушильної техніки не приділялося належної уваги. Сушіння є енергоємним процесом.

Фізична енергія, необхідна для перетворення 1 кг води в пару становить 2.5 МДж, однак сушильні технології споживають в 2.5...3 рази більше [1]. Підбір раціонального способу сушіння, або комбінація способів впливає на енерговитрати і якість готового продукту.

Для сушіння дисперсних харчових продуктів видається перспективним використовувати конструкції на базі термосифонів (ТС), у яких за рахунок форми статичного теплового модуля буде здійснюватися перемішування продукту, що рухається щільним гравітаційним шаром (рис. 1).

Сушарка на базі ТС (рис. 1а) складається із сушильної шахти 1, завантажувального бункера 2, прийомного бункера 3, норії 4, конденсатора 5. Інтенсифікація процесу тепломасообміну в апараті досягається за рахунок руйнування теплового і дифузійного прикордонних шарів.



а) сушильна установка; б) конденсатор ТС – вид зверху.

Рис. 1 – Конструкція сушарки на базі ТС

Досліджувалася кінетика сушіння пшениці в сушарці на базі ТС. Дослідження проведені в такому діапазоні (табл. 1). Вологість зерна змінювали від 12 до 25 %.

Експериментальна установка включала шахту, норію, прийомний і завантажувальний бункери, шиббер (рис. 2). Продуктивність норії регулювалася шляхом зміни поперечного перерізу потоку зерна.

Термопари розташовувалися по висоті сушильної шахти. Для вимірювання температури зернового потоку всередині шахти використано три термопари. Дані первинних перетворювачів температури надходили на АЦП, перетворювалися в цифровий сигнал і вводилися в ПК.

Інтервал реєстрації даних – 10 с.

Температуру повітря, що виходить із сушарки, визначали за допомогою стандартного психрометра й двох термопар, дані яких передавалися на ПК. Дані порівнювалися.

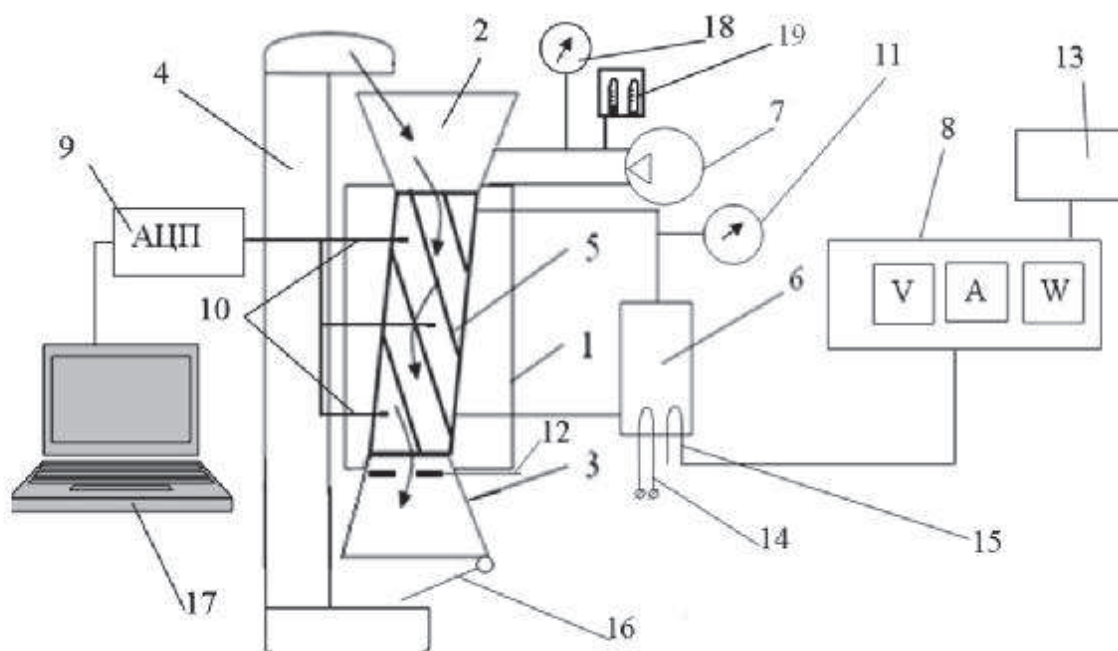
Температура повітря, що виходить із сушарки, має велике значення. За нею можна визначити якість роботи сушильної установки, енерговитрати з повітрям, можливість утилізації тепла, що викидається в навколишнє середовище.

Температуру теплоносія визначали за величиною тиску в конденсаторі сушарки. Інтервал реєстрації даних – 600 с.

Для витрати зерна $G_z=0.02$ кг/с, тиску в модулі ТС – $P=0.4$ МПа, швидкості повітря в міжзерновому просторі – $\omega_{м.п}=0.4$ м/с. отримані термограми (рис. 3).

Таблиця 1 – Діапазон експериментальних досліджень кінетики сушіння пшениці

Культура	Швидкість повітря в між-зерновому просторі, $\omega_{\text{млп}}$	Вологість зерна, ω	Витрата продукту, G_3	Температура зернового потоку	Тиск у модулі ТС, Р	Потужність, N	Час сушіння, τ
	м/с	%	кг/с	°C	МПа	кВт	хв.
Пшениця	0.4÷3.2	12÷25	0.02÷0.4	20÷100	0.1÷0.4	1÷4	0÷180



1 – шахта, 2 – завантажувальний бункер, 3 – прийомний бункер, 4 – норія, 5 – конденсатор, 6 – парогенератор, 7 – вентилятор, 8 – вимірювальний комплекс К – 50, 9 – аналого-цифровий перетворювач (АЦП), 10 – термопари, 11 – манометр, 12 – шибер, 13 – ЛАТР, 14 – нерегульований ТЕН, 15 – регульований ТЕН, 16 – відкидний лоток, 17 – ПК, 18 – анемометр, 19 – психрометр.

Рис. 2 – Схема експериментального станда

Із самого початку процесу температура зерна підвищується й стає вищою від температури мокрого термометра, таким чином на початку процесу сушіння вже відбувається інтенсивне пароутворення.

Температура зернового потоку по висоті шахти розподілена рівномірно, про що свідчать показання термопар (рис. 3).

Температура поверхні модуля підтримувалася постійною – 139 °C (тиск пари 0.4 МПа). Температура зернового потоку збільшувалася від 40 до 50 °C. Температура сухого термометра $t_{\text{сух}}$ змінювалася від 34 до 41 °C.

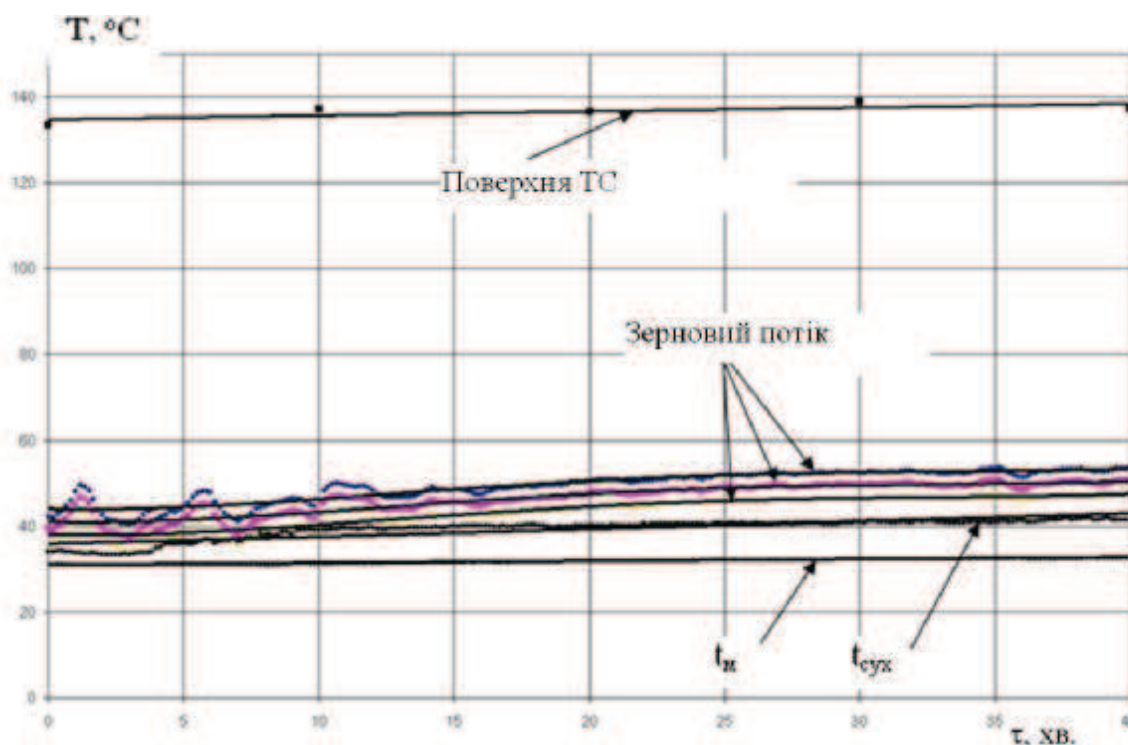


Рис. 3 – Термограми, $G_3=0.02$ кг/с, $P=0.4$ МПа, $\omega_{м.п}=1.6$ м/с

Температура мокрого термометра t_m змінювалася від 31.7 до 32 °С. Максимальна різниця показань термометрів дорівнює 9 °С.

Зерно в більшості дослідів сушили до стану рівноважної вологості. Середня вологість повітря в лабораторії 80 %. Середня температура зернового потоку в дослідях (60 – 80) °С. За таких умов рівноважна вологість зерна (14 – 16) % [2].

При сушінні зерна нижче рівноважної вологості виникає перегрів зернового потоку.

Температура нагрівання зернового шару в дослідях наближається до гранично допустимого для фуражного зерна – 60 °С.

Зерно зволожували до стану сирого [2]. Початкова вологість зерна в дослідях відповідає 21 %.

За рахунок контакту вологого зерна й поверхні нагрівання зерно прогрівається швидко. Далі відбувається перший період сушіння.

Другого періоду не спостерігається.

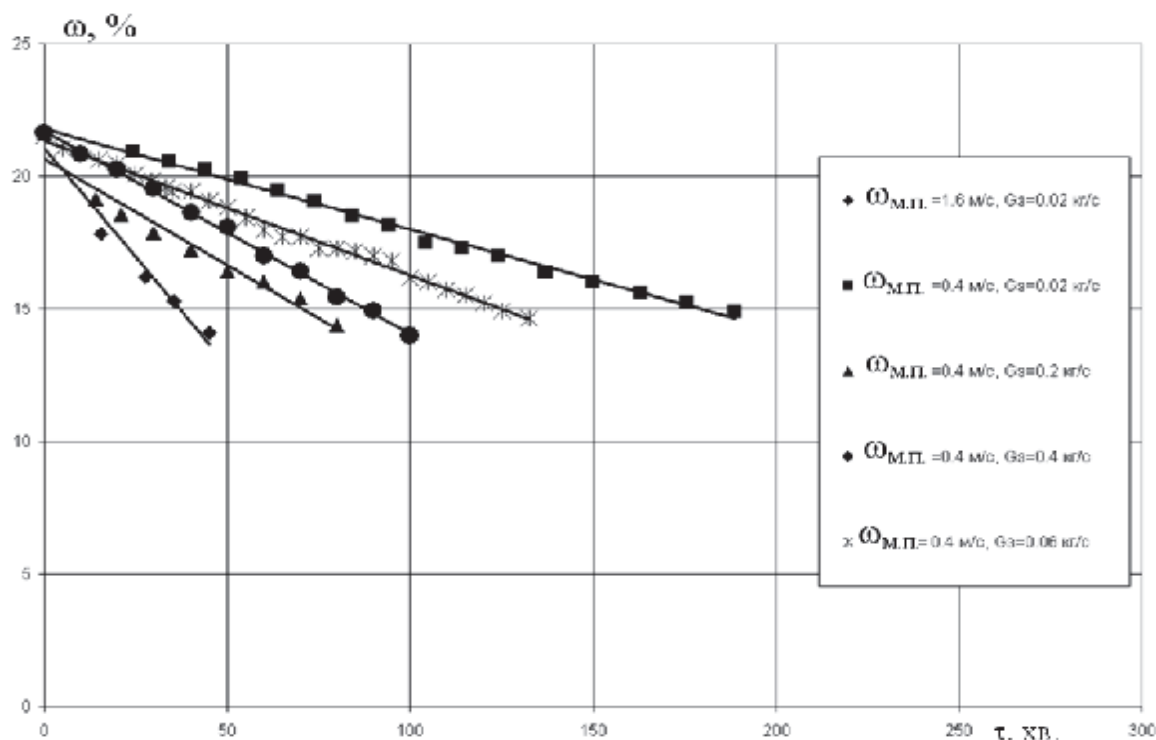
Це пов'язано з тим, що забезпечується рівномірне нагрівання й сушіння кожного окремо взятого зерна. Крім того, при інтенсивному рівномірному нагріванні зерна збільшення коефіцієнта дифузії вологи в повітря сповільнює поглиблення зони випарювання усередину зерна. Все це обумовлює сталість швидкості вологовіддачі.

Криві сушіння апроксимуються лінійними залежностями, з коефіцієнтом R^2 близьким до одиниці, що свідчить про високу точність обробки (рис. 4).

При тиску $P=0.3$ МПа найбільша швидкість сушіння – 0.15 %/хв. спостерігається за найбільшою швидкістю повітря в міжзерновому просторі $\omega_{м.п}=1.6$ м/с. Швидкість сушіння зростає в 4 рази при збільшенні швидкості повітря від 0.4 м/с до 1.6 м/с.

Збільшення витрат потоку зерна веде до незначного збільшення швидкості сушіння. Так при збільшенні витрат потоку на порядок (від 0.02 кг/с до 0.2 кг/с) швидкість збільшується всього в 2 рази. При збільшенні витрат в 2 рази (від 0.2 кг/с до 0.4 кг/с) швидкість сушіння практично не змінюється.

За даними [2] швидкість сушіння в конвективних сушарках із щільним гравітаційним шаром становить 0.24 %/хв., у сушарках із псевдозрідженим шаром 1.5 %/хв., зі зваженим шаром 10.8 %/хв. Знімання вологи від початкової вологості до кондиційної в наведених сушарках відбувається в першому періоді. У зерносушарці на базі ТС досягається зниження вологості зерна на 7 % (рис. 4), що відповідає стандартним сушаркам. Швидкість сушіння в зерносушарці на базі ТС, при однаковій початковій вологості 25 % і температурі зернового потоку 60 °С, нижче ніж в існуючих зерносушарках і становить 0.16 %/хв.

Рис. 4 – Криві сушіння $P=0.3$ МПа

У зерносушарці на базі ТС визначальним фактором, що впливає на кінетику, є швидкість повітря. Є резерви для збільшення швидкості повітря й відповідно збільшення швидкості сушіння.

Питомі енерговитрати ($\Theta_{уд}$, МДж/кг) для сушарки на базі ТС визначалися як відношення загальної витраченої енергії на кількість вилученої вологи.

На величину енерговитрат впливає тиск теплоносія (його температура), швидкість повітря в міжзерновому просторі, витрата зерна [3].

Найбільше впливає на енерговитрати температура теплоносія. При збільшенні тиску росте температура поверхні модуля, режим сушіння стає більш жорстким, швидкість сушіння зростає, скорочується час сушіння і як наслідок знижуються енерговитрати.

Енерговитрати на сушіння при тиску теплоносія 0.4 МПа для різних витрат зерна наближаються до мінімуму. Але при таких тисках температура зерна в деяких дослідях досягає (80 – 100) °С, що технологічно неприйнятно. Крім того, збільшення швидкості повітря теж приводить до інтенсифікації процесу сушіння й зниження енерговитрат. При швидкості повітря в міжзерновому просторі 1.6 м/с енерговитрати на процес мінімальні (рис. 5).

Енерговитрати сушарки на базі ТС нижче існуючих конвективних сушарок.

Розроблена конструкція теплового модуля зерносушарки на базі ТС дозволяє ефективно використовувати поверхню, що гріє. Результат – жорсткі температурні режими сушіння. У такому режимі відбувається інтенсивне пароутворення на поверхні зерна. Швидкість сушіння зерна в зерносушарці на базі ТС за попередніми даними ($U=0.03 - 0.16$ %/хв.), що нижче за швидкість сушіння конвективних сушарок (блочна зерносушарка $U=0.24$ %/хв.). Але питомі енерговитрати сушарки 2.8 МДж/кг, у порівнянні ДСП – 32 – 5 МДж/кг. Організація ефективного відводу пари із зони сушіння дозволить надалі збільшити швидкість сушіння і знизити питомі енерговитрати в зерносушарці на базі ТС.

Література

1. Безбах И. В., Зыков А.В., Донкоглов В. И., Омар Саид Ахмед. Развитие конструкций теплообменных аппаратов на базе автономных двухфазных модулей // Наукові праці ОНАХТ. – 2008. Вип. 32.
2. Жидко В. И., Резчиков В. А., Уколов В. С. Зерносушение и зерносушилки. – М.: Колос, 1982. – 239 с.
3. Бурдо О. Г., Безбах И. В., Донкоглов В. И., Омар Саид Ахмед. Тепло- массообменная аппаратура на базе двухфазных модулей // Материалы XII Международной научно-практической конференции "Совершенствование процессов и оборудования Пищевых и химических производств", Одесса, ОНАПТ.

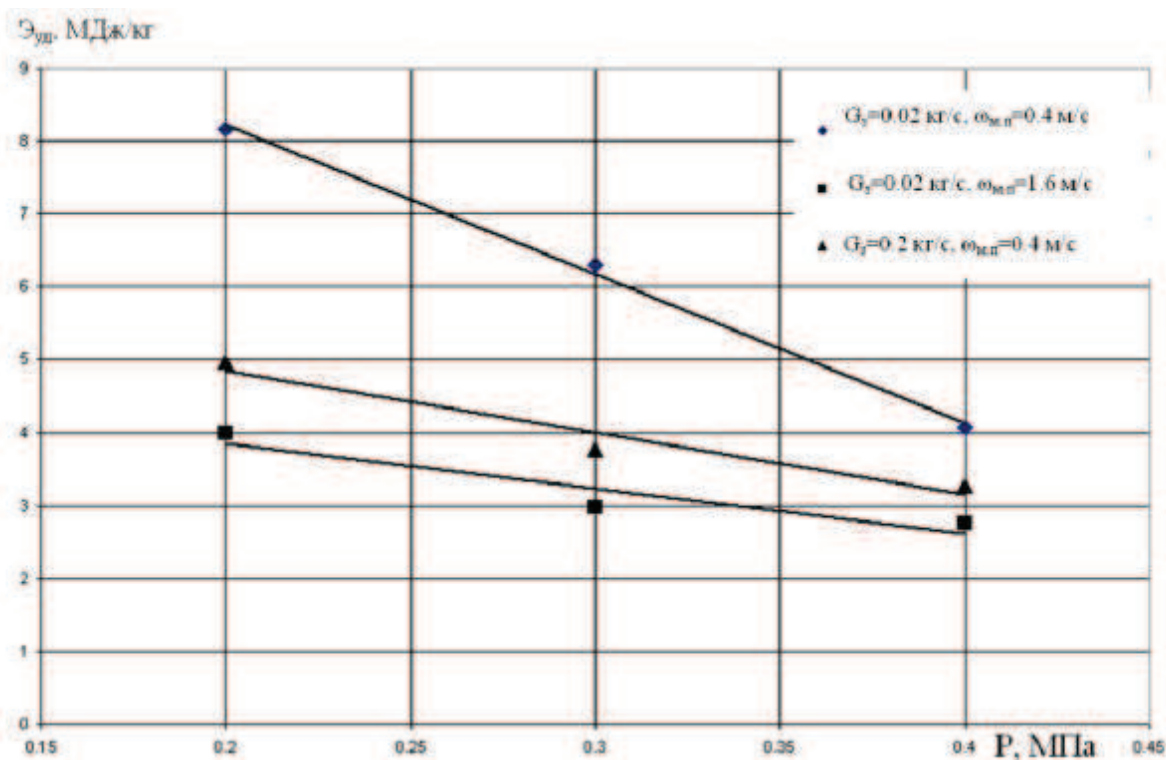


Рис. 5 – Питомі енерговитрати в сушарці на базі ТС

УДК 665.3.061.3

ЕКСТРАГУВАННЯ ОЛІЇ З НАСІННЯ АМАРАНТУ ТА РІПАКА

Бурдо О.Г., д-р техн. наук, Буйвол С.М., інженер, Бандура¹ В.Н., к.т.н., доцент

Светлічний П.І., к.т.н., доцент

Одеська національна академія харчових технологій, м.Одеса

¹Вінницький державний аграрний університет, м. Вінниця

Проведено дослідження та отримано ряд кінетичних залежностей, отримано ряд порівняльних показників якостей спиртового та гексанового екстрактів. Визначено вплив перемішування на інтенсивність процесу екстрагування.

A study and received a number of kinetic dependencies, received a number of comparable quality alcohol and hexan extracts. Determine the impact of mixing on the intensity extraction.

Ключові слова: екстрагування, масло амаранту, кінетика, розчинник.

У харчових виробництвах екстрагування використовується у виробництві спирту, вина, молочної кислоти та інших харчових продуктів.

Процес екстрагування з твердих тіл складається з двох стадій. Перша – дифузія речовини, що екстрагується з внутрішніх шарів продукту до поверхневих. Друга – перехід речовини від поверхні продукту в екстрагент.

У процесі екстрагування переважають дифузні (масообмінні) явища, які ґрунтуються на вирівнюванні концентрації між розчинником (екстрагентом) і розчином речовин, які містяться в насінні.

Молекулярна дифузія обумовлена хаотичним рухом молекул, процес взаємного проникнення речовин (рідких і газоподібних), що взаємодіють одна з одною і знаходяться в макроскопічному спокої. Інтенсивність дифузії залежить від кінетичної енергії молекул. Чим вона вища, тим інтенсивніше протікає дифузійний процес. Головною рушійною силою дифузійного процесу є різниця концентрацій розчинених речовин.