

ТЕРМОДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕМЕНТІВ НАСІННЯ РИЦИНИ

***В. В. Дідур, А. Б. Чебанов, кандидати технічних наук
А. А. Асеев, А. В. Шарій, інженери
Таврійський державний агротехнологічний університет
e-mail: didur-vladimir@yandex.ru***

Анотація. Визначені експериментальні одиниці потенціалів масоперенесення і питомої ізотермічної масоємкості лушпиння, ядра та рушанки насіння рицини. Для цього, застосований метод, заснований на визначенні вологовмісту безпосередньо контактуючих еталонного тіла та тіла, що досліджується, які знаходяться в стані термодинамічної рівноваги. На підставі експериментальних даних, отримано рівняння регресії, що є необхідним для чисельних досліджень математичних моделей процесів вологотеплової обробки м'ятки рицини.

У м'ятці після подрібнення насіння або ядер рицини за рахунок сильно розвиненої поверхні олія, навіть та, що витекла з клітин, міцно утримується величезними силами міжмолекулярної взаємодії, величина яких набагато перевищує тиск, що розвивається сучасними пресами, які застосовуються для її віджимання. Для зменшення сил, що зв'язують олію з поверхнею частинок м'ятки, і полегшення процесу вилучення олії, застосовується вологотеплова обробка м'ятки (поєднання певних значень вологості, температури і тривалості процесу). При цьому, дія води є головним фактором, від якого залежить повнота подальшого відділення олії.

На основі експериментального методу визначення потенціалу масопереносу і ізотермічної масоємкості отримано основні залежності термодинамічних характеристик ядра, рушанки, лушпиння та 10%-вого вмісту лушпиння в ядрі рицини; визначені 12 рівнянь регресії, що може слугувати в якості довідкової інформації для вивчення процесів волого-теплової обробки рицинової сировини при виділенні касторової олії.

Ключові слова: *насіння рицини, ядро, лушпиння, рушанка, термодинамічна рівновага, контейнер, рівняння регресії*

Постановка проблеми. У м'ятці після подрібнення насіння або ядер рицини за рахунок сильно розвиненої поверхні олія, навіть та, що витекла з клітин, міцно утримується величезними силами

міжмолекулярної взаємодії, величина яких набагато перевищує тиск, що розвивається сучасними пресами, які застосовуються для її віджимання. Для зменшення сил, що зв'язують олію з поверхнею частинок м'ятки, і полегшення процесу вилучення олії, застосовується вологотеплова обробка м'ятки (поєднання певних значень вологості, температури і тривалості процесу). При цьому, дія води є головним фактором, від якого залежить повнота подальшого відділення олії [1]. Також, наприклад, за даними [2] встановленим фактором є те, що подрібнене ядро рицини повинно зволожуватися в першому чані жаровні до 8–10%, в наступних чанах підсушуватися до 5,5–6,5% (хоча ці дані мають суперечливий характер [3]). За такої вологості заповнюються водою гелеві області (в молекулярній структурі м'ятки – вільні від олії порожнини), внаслідок чого відбувається їх набухання і видавлювання олії. Але, швидкість поглинання води частинками м'ятки під час зволоження залежить від масообмінних властивостей матеріалу, кількісною мірою яких є відповідні масовологообмінні характеристики. Знання цих характеристик необхідно для наукового обґрунтування вибору оптимальних режимів процесів, інженерного розрахунку процесів і апаратів, що є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень. А. В. Ликовим [4] по аналогії з дослідженнями теплообміну системи тіл в термодинаміці, було запропоновано методику дослідження процесу переносу маси речовини (масообмін) в капілярно-пористих тілах, де основними термодинамічними параметрами були вологовміст тіла та потенціал масопереносу. Одним з таких прикладів авторами приведено розподілення вологовмісту двох контактуючих тіл з торфом і папером (рис. 1).

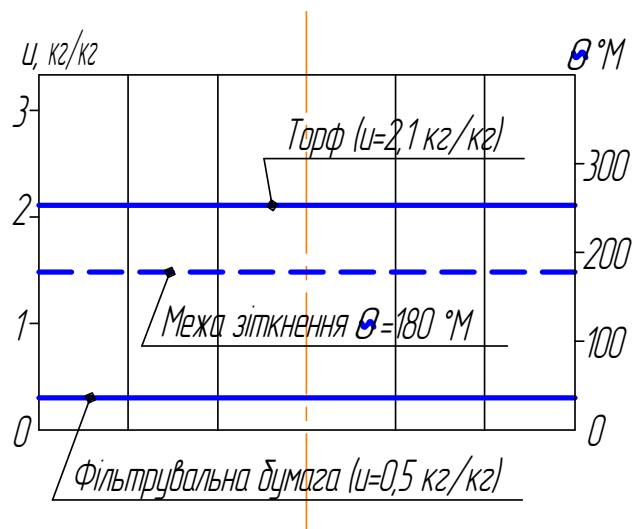


Рис. 1. Розподілення потенціалів переносу води в системі двох тіл, які стикаються [4].

Так, розподілення вологовмісту в торфі та папері рівномірне, в паперовій пластині воно дорівнює 0,5, а в торфі – 2,1 кг/кг. На межі їх зіткнення має місце стрибок вологовмісту, потенціал переносу речовини для обох тіл однаковий і рівний 180 масообмінним градусам. Згідно такої методики можна отримати наступні масообмінні характеристики: залежності вологовмісту матеріалу, що досліджується від потенціалу переносу $u = f(\theta)$, потенціалу переносу від вологовмісту матеріалу, що досліджується $\theta = f(u)$ та питомої ізотермічної масоємкості від вологовмісту матеріалу, що досліджується $c_m = f(u)$.

Мета досліджень – підготовка вихідних даних для розробки математичних моделей вологотеплової обробки м'ятки перед вилученням олії з насіння рицини.

Результати досліджень. Як було зазначено, основними термодинамічними параметрами (які необхідно визначити) є вологовміст тіла та потенціал масопереносу.

Потенціал масопереносу тіла визначається по вологовмісту еталонного тіла. В якості еталонного тіла, як правило, вибирається целюлоза у формі листів фільтрованого паперу. Це обумовлено наступними обставинами: целюлоза містить вологу всіх видів зв'язку (адсорбційну, капілярну і осмотичну); змінення рівноважного вологовмісту з підвищенням температури при різних значеннях вологості відбувається приблизно однаково [4].

Отже,

$$\theta = \frac{u_s}{(c_{mэ})_T}, \quad (1)$$

де: θ – потенціал масопереносу, °М; u_s – вологовміст еталонного тіла, кг/кг; $(c_{mэ})_T$ – питома ізотермічна масоємкість еталонного тіла.

Питома ізотермічна масоємкість еталонного тіла за [4] приймається рівною 1/100 максимального сорбційного вологовмісту еталонного тіла:

$$(c_{mэ})_T = \frac{1}{100} \cdot u_{cm}, \quad (2)$$

де: u_{cm} – максимальний сорбційний вологовміст еталонного тіла, кг/кг.

Тобто, питомому вологовмісту еталонного тіла відповідає потенціал в 100 масообмінних градусів. Це обумовлено наступними обставинами: максимальний сорбційний вологовміст при визначеній температурі є константою; при застосуванні різних еталонних тіл в точці максимальної гігроскопічності (вологість повітря дорівнює 100 відсоткам), отримуємо один і той же потенціал, рівний 100 °М.

Таким чином, при дослідженнях, потенціал переносу будемо визначати як:

$$\theta = \frac{u_s}{(u_{cm})_T} \cdot 100. \quad (3)$$

Для фільтрованого паперу, при температурі 25 °С, $u_{cm} = 0,277$ кг/кг [4]. Для побудови масообмінних характеристик, необхідно знати і вологовміст тіла, що досліджується. Для цього, визначають такі параметри:

- маса води у матеріалі, що досліджується:

$$g_{вол} = g - g_{с.реч}, \quad (4)$$

де: g – загальна вага вологого матеріалу, кг; $g_{с.реч}$ – маса сухої речовини;

- вологість матеріалу по відношенню до загальної маси (у %):

$$w = \frac{g_{вол}}{g_{с.реч}}, \quad (5)$$

- маса води, що потрібна для зволоження матеріалу з вологості w_1 до вологості w_2 :

$$\Delta g_{вл} = g_1 \frac{w_2 - w_1}{100 - w_1},$$

- якщо вологість матеріалу по відношенню до маси сухої речовини виразити в кг/кг сухої речовини, то отримаємо вологовміст матеріалу, що досліджується:

$$u = \frac{g_{вол}}{g_{с.реч}}. \quad (6)$$

Таким чином, щоб побудувати залежності $u = f(\theta)$ та $\theta = f(u)$ необхідно визначити питомі вологовмісти системи двох тіл (що досліджується та еталонного), які приведені в безпосереднє зіткнення один з одним і знаходяться в стані термодинамічної рівноваги. При цьому, важливо, щоб безпосередній контакт забезпечував вільний масообмін між тілами. Якщо вологовміст тіла більше максимального сорбційного вологовмісту ($u > u_{cm}$), то масообмін відбувається при безпосередньому зіткненні капілярно-пористих тіл. При вологовмісту, меншому за максимально-сорбційний ($u < u_{cm}$), необхідною умовою термодинамічної рівноваги є не тільки постійність температур, але і постійність вологості навколишнього повітря ($T = const, \varphi = const$). У цьому випадку має місце вологообмін шляхом сорбції і десорбції для пароподібної суміші, а також безпосередній масообмін рідини через поверхні тіл, які стикаються. Термодинамічним параметром масообміну, який зв'язує вологовміст тіла, що досліджується з потенціалом масопереносу є питома ізотермічна масоємкість c_m . Для побудови характеристики $c_m = f(u)$, питома ізотермічна масоємкість буде визначатися за формулою:

$$c_m = \left(\frac{\partial u}{\partial \theta} \right)_T. \quad (7)$$

Відповідно, з цієї формули та із застосуванням законів інтегрального числення, питома масоємкість буде чисельно дорівнюватися тангенсу кута нахилу дотичної до кривої $u = f(\theta)$.

Для проведення досліджень використовувалися спеціальні контейнери (рис. 2). Контейнер складається з полого металевого циліндру з нарізаною з двох сторін внутрішньою різьбою для ущільнюючих болтів.



Рис. 2. Контейнер для визначення потенціалу масопереносу.

Експериментальний метод побудови масовогообмінних характеристик зводиться до наступного: попередньо зважували з точністю до третього знаку після коми еталонне тіло (листи фільтрованого паперу) в такій кількості, щоб достатньо було заповнити половину металевого циліндру. Протягом всіх дослідів маса еталонного матеріалу не змінювалась. Також, зважували з точністю до третього знаку після коми навіску м'ятки насіння рицини визначеного складу (подрібнене ядро, лушпиння, рушанка). В процесі досліджень змінювали її вологість від 6 % до 14 %. Зволоження матеріалу здійснювалося розпилюванням води. Таким чином, контролювалася маса навіски матеріалу до та після зволоження. Після цього дві навіски (еталонне тіло та матеріал, що досліджується), поміщали в металевий циліндр та спресовували з двох сторін гвинтами. Різьбові з'єднання металевого циліндру ущільнювали сантехнічною стрічкою. Контейнери з матеріалами, що досліджуються поміщали в термостат при температурі 25°C і проводили їх відлежування. Після, металеві циліндри відкривали і визначали маси та вологості зразку, що досліджується і еталонного тіла. Вологості зразків визначали шляхом висушування їх до абсолютно сухої маси за методикою, наведеною в [5].

В перших дослідах визначали необхідний час відлежування зразків в контейнерах. Перевірялися варіанти витримування зразків в контейнері 24, 48, 72 та 96 годин. В результаті було встановлено, що з достатнім ступенем точності можна вважати настання термодинамічної рівноваги матеріалів, що досліджуються (при термодинамічній рівновазі потенціали переносу вологи рівні) не більше 96 годин. В подальших дослідах відлежування проводили на протязі 96 годин. Всі досліди проводили в трикратній повторності.

Виконуючи досліді при різних початкових вологовмістах ядра, лушпиння, рушанки рицини та при 10%-му вмісті лушпиння в ядрі рицини, отримано залежності (рис. 3 та рис. 4) між вологовмістом матеріалу, що досліджується і потенціалом масопереносу $u=f(\theta)$, $\theta=f(u)$ при постійній температурі $T=const$.

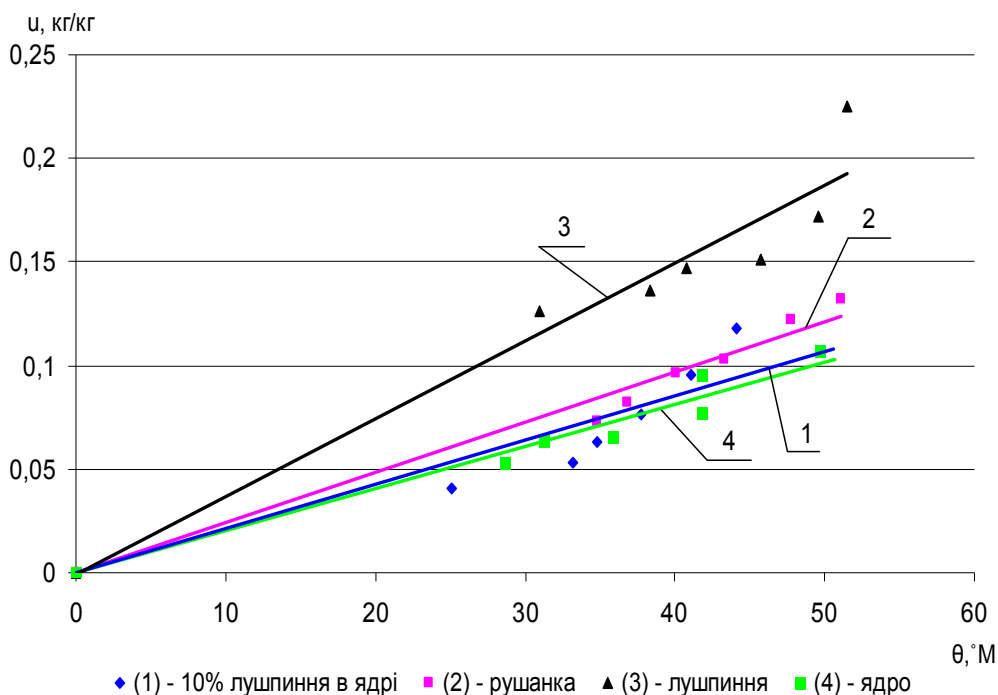


Рис. 3. Залежності вологовмісту елементів насіння рицини від потенціалу масопереносу.

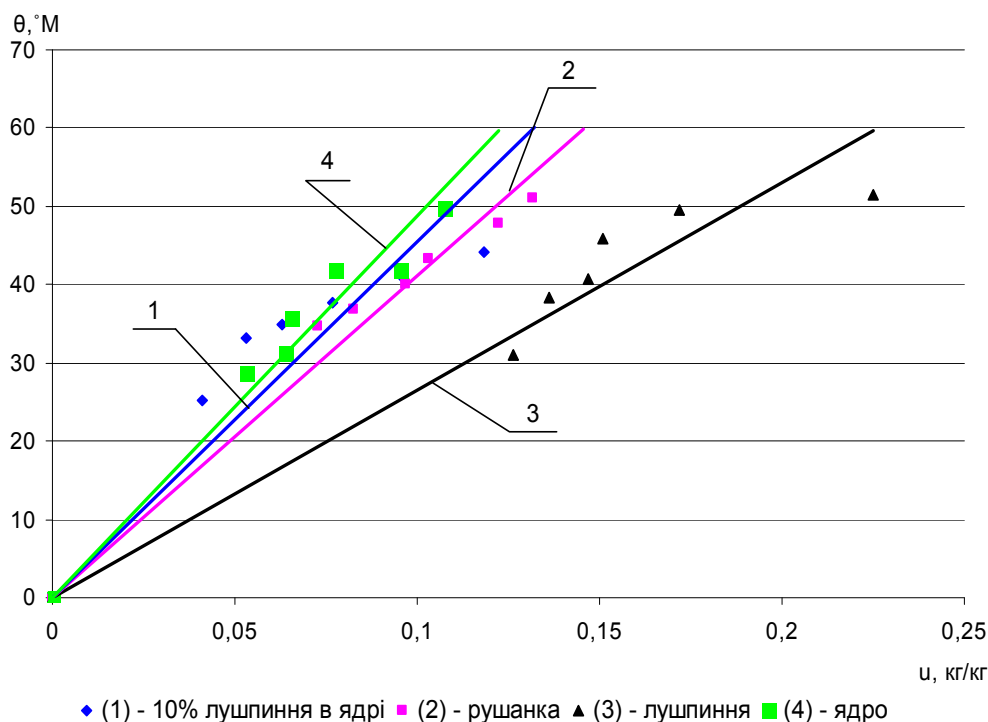


Рис. 4. Залежності потенціалу масо переносу від вологовмісту елементів насіння рицини.

Визначаємо рівняння регресії:

- для ядра

$$u_{\text{я}} = 0,002 \cdot \theta_{\text{я}}, \quad (8)$$

$$\theta_{\text{я}} = 486,36 \cdot u_{\text{я}}, \quad (9)$$

- для рушанки

$$u_{\text{р}} = 0,0024 \cdot \theta_{\text{р}}, \quad (10)$$

$$\theta_{\text{р}} = 411,19 \cdot u_{\text{р}}, \quad (11)$$

- для лушпиння

$$u_{\text{л}} = 0,0038 \cdot \theta_{\text{л}}, \quad (12)$$

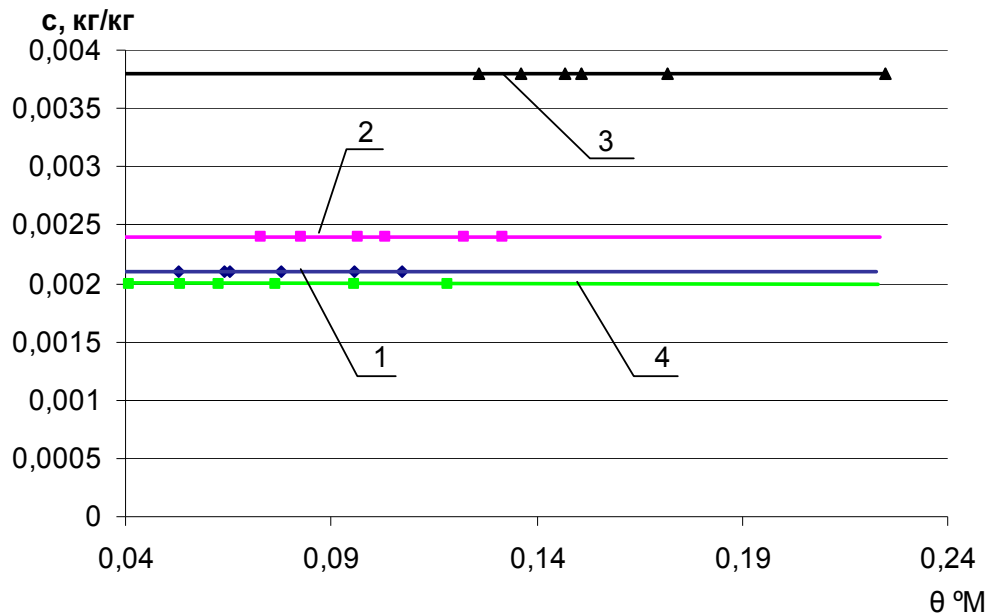
$$\theta_{\text{л}} = 265 \cdot u_{\text{л}}, \quad (13)$$

- для 10 %-вого вмісту лушпиння в ядрі ріцини

$$u_{\text{р}\%} = 0,0021 \cdot \theta_{\text{р}\%}, \quad (14)$$

$$\theta_{\text{р}\%} = 454,38 \cdot u_{\text{р}\%}. \quad (15)$$

Залежності питомої ізотермічної масоємкості (визначені за формулою (7)) від вологовмісту елементів насіння ріцини представлені на рис. 5.



◆ (1) - 10% лушпиння в ядрі ■ (2) - рушанка ▲ (3) - лушпиння ■ (4) - ядро

Рис. 5. Залежності питомої ізотермічної масоємкості від вологовмісту елементів насіння ріцини.

Рівняння регресії залежностей питомих ізотермічних масоємкостей ядра $c_{\text{т.я}}$, рушанки $c_{\text{т.р}}$, лушпиння $c_{\text{т.л}}$, 10%-му вмісту лушпиння в ядрі $c_{\text{т.р}\%}$ відповідно мають вигляд:

- для ядра

$$c_{\text{т.я}} = 10^{-17} \cdot u_{\text{я}} + 0,002, \quad (16)$$

- для рушанки

$$c_{\text{т.р}} = 2 \cdot 10^{-17} \cdot u_{\text{р}} + 0,0024, \quad (17)$$

- для лушпиння

$$c_{m.l} = 2 \cdot 10^{-17} \cdot u_l + 0,0038, \quad (18)$$

- для 10 %-вого вмісту лушпиння в ядрі ріцини

$$c_{p\%} = 2 \cdot 10^{-17} \cdot u_{p\%} + 0,0021. \quad (19)$$

Висновок. На основі експериментального методу визначення потенціалу масопереносу і ізотермічної масоємкості отримано основні залежності термодинамічних характеристик ядра, рушанки, лушпиння та 10%-вого вмісту лушпиння в ядрі ріцини; визначені дванадцять рівнянь регресії, що може слугувати в якості довідкової інформації для вивчення процесів волого-теплової обробки ріцинової сировини при виділенні касторової олії.

Список літератури

1. *Голдовский А. М.* Теоретические основы производства растительных масел / *А. М. Голдовский*. – М.: Пищепромиздат, 1958. – 446 с.
2. *Копейковский В. М.* Технология производства растительных масел / [*В. М. Копейковский, С. И. Данильченко, Г. И. Гарбузова* и др.]. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 416 с.
3. Розробка технології, експериментального устаткування технологічної лінії по глибокій переробці насіння ріцини в касторову олію для виробництва мастил для сільськогосподарської техніки : звіт про НДР ; кер. *В. А. Дідур*. – Мелітополь: ТДАТА, 2005. – 99 с.
4. *Лыков А. В.* Теоретические основы строительной теплофизики / *А. В. Лыков*. – Мн.: Издательство академии наук СССР, 1961. – 519 с.
5. ГОСТ 5947-68 Семена хлопчатника технические. Технические условия. – М.: Стандартиформ. – 2010. – 22 с.

References

1. *Holdovskyy, A. M.* (1958). Teoretycheskiye osnovi proyzvodstva rastytel'nikh masel [Theoretical bases of production of vegetable oils]. M.: Pyshchepromyzdat, 446.
2. *Kopeykovskyy, V. M., Danyl'chenko, S. Y., Harbuzova, H. Y.* (1982). Tekhnolohyya proyzvodstva rastytel'nikh masel [Technology of production of vegetable oils]. M.: Lehkaya y pyshchevaya promishlennost', 416.
3. Rozrobka tekhnolohiyi, eksperymental'noho ustatkuvannya tekhnolohichnoyi liniyi po hlybokiy pererobtsi nasinnya rytsyny v kastorovu oliyu dlya vyrobnytstva mastyl dlya sil'skohospodars'koyi tekhniky [The development of technology, experimental equipment, technological lines for deep processing of seeds of castor beans to castor oil for production of lubricants for agricultural machiner] (2005). zvit pro NDR. Melitopol': TDATA, 99s.
4. *Likov, A. V.* (1961). Teoretycheskiye osnovi stroytel'noy teplofyziky [Theoretical foundations of thermal physics]. Mn.: Yzdatel'stvo akademyi nauk SSSR, 519.
5. HOST 5947-68 Semena khlopchatnyka tekhnicheskyye. Tekhnicheskyye uslovyaya [Technical cotton seeds. Specifications] (2010). M.: Standartynform. 22.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТОВ СЕМЯН КЛЕЩЕВИНЫ

В. В. Дидур, А. Б. Чебанов, А. А. Асеев, А. В. Шарий

Аннотация. Определены экспериментальные единицы потенциалов масоперенесения и удельной изотермической

масоємкості шелухи, ядра и рушанки семян клещевины. Для этого, применен метод, основанный на определении влагосодержания непосредственно контактирующих эталонного тела и тела, которая исследуется, которые находятся в состоянии термодинамического равновесия. На основании экспериментальных данных, получено уравнение регрессии, что является необходимым для численных исследований математических моделей процессов вологотеплової обработки м'ятки клещевини.

В мятце после измельчения семян или ядер клещевини за счет сильно развитой поверхности масло, даже та, что вытекла из клеток, прочно удерживается огромными силами межмолекулярного взаимодействия, величина которых намного превышает давление, развиваемое современными прессами, применяемыми для ее отжима. Для уменьшения сил, связывающих масло с поверхностью частиц м'ятки, и облегчения процесса извлечения масла, применяется вологотеплова обработка м'ятки (сочетание определенных значений влажности, температуры и продолжительности процесса). При этом, действие воды является главным фактором, от которого зависит полнота дальнейшего отделения масла.

На основе экспериментального метода определения потенциала массопереноса и изотермической масоємкості получены основные зависимости термодинамических характеристик ядра, рушанки, шелухи и 10%-ного содержания лузги в ядре клещевини, определены 12 уравнений регрессии, может служить в качестве справочной информации для изучения процессов влажно-тепловой обработки касторового сырья при выделении касторового масла.

Ключевые слова: семена клещевини, ядро, лузга, рушанка, термодинамическое равновесие, контейнер, уравнение регрессии

THERMODYNAMIC CHARACTERISTICS OF ELEMENTS SEEDS OF CASTOR

V. V. Didur, A. B. Chebanov, A. A. Aseev, A. V. Shariy

Abstract. Defined experimental unit potentials mass transfer and specific isothermal mascot husk, kernel, and rusalki of castor seed. This method was applied, based on the determination of moisture content directly contacting the reference body and the body that is examined, which are in a state of thermodynamic equilibrium. On the basis of experimental data the regression equation is obtained, which is necessary for numerical studies of mathematical models of processes volovarovo matki processing castor beans.

In m etc after grinding the seeds or kernels of castor beans due to the highly developed surface of the oil, even that which leaked from the cells, held firmly by a huge intermolecular forces, the value of which far exceeds the pressure in modern presses used for its extraction. To reduce the forces binding the oil to the surface of the particles Matki, and facilitate the oil extraction process, is used volosatova processing Matki (a combination of certain values of humidity, temperature and duration of process). At the same time, the effect of water is the main factor which determines the completeness of the further separation of the oil.

On the basis of experimental method of determining the capacity of mass transfer and isothermal mascot received the basic dependencies of the thermodynamic characteristics of the nucleus, rosanky, husk and 10% of the contents of the husk in the kernel of the castor-oil plant, identified 12 of the regression equations can serve as background information for the study of wet-heat processing of raw materials castor at castor oil.

Keywords: *castor seed, kernel, husks, rosanka, thermodynamic equilibrium, container, regression equation*

УДК 631.171.075.4

СТВОРЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ В УМОВАХ ЗРОСТАЮЧОГО ДЕФІЦИТУ ЕНЕРГОНОСІЇВ В ГАЛУЗІ СВИНАРСТВА

**Н. І. Болтянська, кандидат технічних наук
Таврійський державний агротехнологічний університет
e-mail: natali.28@inbox.ru**

Анотація. В статті розглянуто впровадження енергозберігаючих технологій для створення мікроклімату при будівництві і реконструкції сучасних свинарських ферм і комплексів в умовах зростаючого дефіциту енергоносіїв, приділено увагу енергозберігаючим системам мікроклімату, заснованим на скороченні тепловтрат з вентиляційними викидами і через захищаючі конструкції, а також на використанні нетрадиційної енергії та вживанні нині у вітчизняній практиці способи і технології видалення зі свинарських приміщень гною.

При будівництві і реконструкції сучасних ферм і комплексів в умовах зростаючого дефіциту енергоносіїв важливим питанням є впровадження енергозберігаючих технологій. Найбільш

© Н. І. Болтянська, 2016