

УДК 631.56:633

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНТАЛЬПІЇ У ПРОЦЕСІ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНОВОЇ МАСИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ОХОЛОДЖЕННЯ

Ялпачик В.Ф., д.т.н.,

Кюрчев С.В., к.т.н.,

Верхоланцева В.О., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-13-06

**Анотація** – в статті розглянуто ентальпію у процесі зберігання зернової маси, а також представлені зміни ентальпії відносно вологовмісткості за допомогою іd-діаграми Рамзіна-Мольєра. Наведені розподіли теоретичного та експериментального значення ентальпії по двом експериментальним зерносховищам, у яких підтримували певну температуру із застосуванням охолодження.

**Ключові слова** – зернова маса, процес, повітря, ентальпія, вологовмісткість, зерносховище, зберігання.

*Постановка проблеми.* Зміни ентальпії, що відбуваються при хімічній реакції або фазовому перетворенні, можуть варіювати в залежності від температури, тиску і фізичного стану речовин, що беруть участь у даному процесі. Крім того, зміни ентальпії залежать від кількості цих речовин. Тому прийнято характеризувати кожен конкретний процес стандартною зміною молярної ентальпії, або коротше-стандартної молярної ентальпії.

Стандартна молярна ентальпія реакції це зміна ентальпії при стандартних умовах в розрахунку на моль реакції, тобто відповідно до того, як вона описується стехіометричним (збалансованим) хімічним рівнянням. В якості стандартних умов зазвичай приймаються температура 298 К і тиск 1 атм. Передбачається, що за цих умов кожен з реагентів і продуктів знаходиться в своєму стандартному (нормальному) фізичному стані.

Частина внутрішньої енергії завжди залишається в речовині і підтримує його молекулярну структуру. Частина кінетичної енергії речовини недоступна, коли його температура наближається до температури навколишнього середовища. Отже, ентальпія - це кількість енергії, яка доступна для перетворення в теплоту при певній температурі і тиску.

*Аналіз останніх досліджень.* Проблемою зберігання зерна займалися багато вітчизняних і зарубіжних дослідників. Аналіз

розроблених ними способів зберігання, в тому числі застосування рециркуляції зернових сумішей з різним співвідношенням сухого і вологого зерна, показує широкую спрямованість виконаних досліджень, але потребує більш детальнішого дослідження, тому проблема залишається актуальною і в даний час. Вирішити це завдання успішно можна тільки із застосуванням відповідних методів підготовки продукту та закладання і збереження їх у необхідних умовах. [4, 5, 6].

*Постановка завдання.* Метою даної роботи є дослідження ентальпії у процесі зберігання із застосуванням охолодження.

*Основна частина.* Знаходження параметрів вологого повітря і розрахунку процесів тепло- і масообміну значно полегшуються при використанні *id* діаграми, яка вперше була запропонована проф. Л.К. Рамзіним.

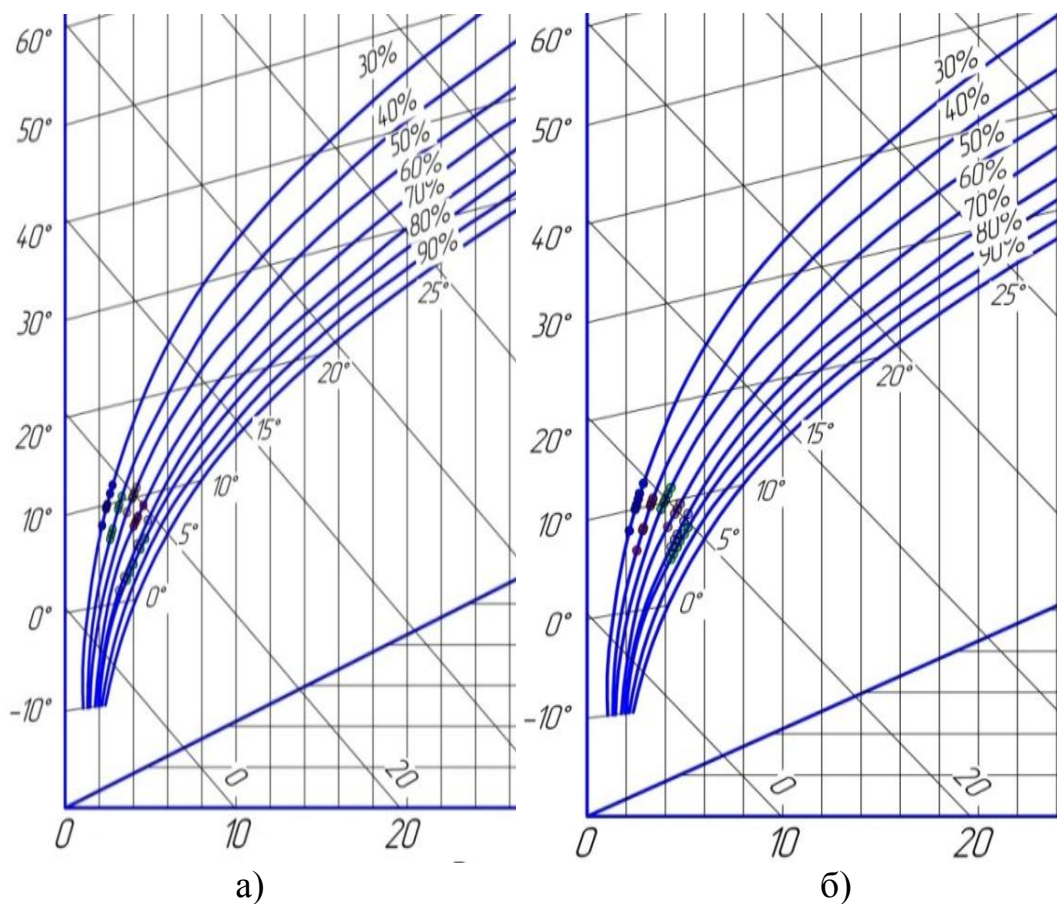


Рис. 1. *id* діаграма Рамзіна - Мольєра для реалізації процесу зберігання зернової продукції у досліджуваних зерносховищах: а) - для першого зерносховища; б) - для другого зерносховища.

При побудові діаграми в основу покладено два параметри: вологомісткість і ентальпія. За *id* діаграмою, знаючи два будь-яких параметри можна визначити всі інші параметри вологого повітря. Будь-яка точка в *id* діаграмі позначає цілком певний фізичний стан повітря, а зміна цього стану зображується лінією процесу [1,2].

У процесі охолодження повітря у повітроохолоджувачі при  $d = \text{const}$  підвищується його відносна вологовмісткість і при певній температурі, яка дорівнює температурі точки роси, повітря стає насиченим. При подальшому охолодженні повітря буде відбуватися конденсація водяної пари з нього і відповідно, осушення повітря.

Повітря може охолоджуватися і за рахунок безпосереднього випаровування з нього води, що має більш низьку температуру. Якщо теплота, необхідна для випаровування води, береться тільки з навколишнього повітря, то вологовмісткість його збільшиться, а температура знизиться [3,4,5,6].

Також *id* діаграма вологого повітря широко застосовується для розрахунків параметрів кондиціонування повітря, під якими розуміють сукупність засобів і способів впливу на температуру і вологість повітря [1,11,12,13].

За допомогою рис. 1 ми можемо бачити одразу температуру, вологість повітря, ентальпію та вологовміст.

Завдяки діаграмі можливо спостерігати та робити висновки стосовно того, як змінюється ентальпія і вологовміст у залежності від температури та вологості повітря.

А вологість повітря змінюється у залежності від пори року, а конкретніше від місяця року, тому нами представлені точки на шести лініях (шість місяців проведення дослідів) у залежності від вологості повітря.

Експериментальні дослідження засвідчили зміни ентальпії рис. 1 і 2, які відбувалися на протязі терміну збереження у різних зерносховищах, де підтримували різні температури в діапазоні від  $0 - 7^{\circ}\text{C}$  та від  $7 - 14^{\circ}\text{C}$ .

Для кожного місяця брали по 6 точок, тобто перевірку проводили через кожні 5 днів. За допомогою графічного зображення можливо спостерігати, як теоретичні дані відхиляються від експериментальних, а сама похибка не перевищує 4 %, що є доказом адекватності моделі.

Ґрунтуючись на результатах теоретичного аналізу розробленого обладнання, було побудовано математичну модель тепло- масообміну зернової маси в процесі її зберігання у розробленому зерносховищі, що дає змогу, враховуючи якісні параметри холодоагенту, отримати апіорні залежності основних показників досліджуваної системи [1,7,8].

Взявши за основу теоретичні залежності, було здійснено експериментальні випробування та, за допомогою розробленого комплексу вимірювального оснащення, отримано розрахункові дані ентальпії оброблюваної сировини в досліджуваних зерносховищах.



Рис. 2. Розподіл теоретичного та експериментального значення ентальпії у першому зерносховищі.



Рис. 3. Розподіл теоретичного та експериментального значення ентальпії у другому зерносховищі.

Для порівняльного аналізу теоретичної моделі процесу охолодження при зберіганні зернової маси, побудовано експериментальні та теоретичні графіки розподілу основних параметрів досліджуваної системи розбіжність між якими становить 5,9...9,13% [1,9].

*Висновки.* Таким чином, можна зробити висновок, що для зерносховища №1 (у якому температура знаходилась у діапазоні від

0-7 °С) та для зерносховища №2 (температура якого знаходилась у діапазоні від 7 – 14 °С) спостерігається зменшення ентальпії у кінці зберігання, та підвищення вологовмісту. А якщо розглядати по двох зерносховищах, то у першому більш помітно змінюється ентальпія і вологовміст [1].

Література:

1. *Верхоланцева В.О.* Обґрунтування режимних параметрів охолодження зернової сировини у процесі зберігання: дис. кандидата техн. наук : 05.18.12 / Верхоланцевої Валентини Олександрівни. – Вінниця, 2016. – 200 с.

2. *Вобликов Е.М.* Технология хранения зерна /Е.М. Вобликов. Учебн.для вузов. Под ред. Е.М. Вобликова. – СПб.: Издательство «Лань»,2003. – 448с.

3. Системи та засоби захисту зернових запасів: навч. посібник / Чурсінов Ю.О, Черних С.А., Кошулько В.С. – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2009. –313 с.

4. *Кутателадзе С.С.* Основы теории теплообмена. / С.С. Кутателадзе – М.: Атомиздат, 1979. – 415с.

5. *Лыков А.В.* Теория теплопроводности / Лыков А.В. – М.: Высшая школа, 1967. – 595 с.

6. *Ялпачик В.Ф.* Планування експериментальних досліджень процесу охолодження зерна / В.Ф. Ялпачик, М.І. Стручаєв, В.О. Верхоланцева // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2015. – Вип. 15, Т.1. – С. 3 – 8..

7. *Тихонов Н.И.* Хранение зерна [Текст] : учеб. пособие / Н.И. Тихонов, А.М. Беляков; ФГОУ ДПОС «ВИПККА», Каф. инновац. технологий. – Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2006. – 108 с.

8. *Агрономов Е.А.* Хранение зерна. / Е.А. Агрономов М.: Л Пищепромиздат, 1935. – 222с.

9. Карасюк И.М. Справочник по зерновым культурам. – К.: Урожай, 1991. – 319 с.

10. *Скалецька Л.В.* Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва. Практикум :Навчальний посібник / Л.В. Скалецька, Т.М. Духовська, А.М. Сеньков. – К.: Вища школа, 1994. – 303с.: ил.

11. *Гинзбург А.С.* Теплофизические характеристики пищевых продуктов. Справочник / [Гинзбург А.С., Громов М.А., Красовская Г. И.]– М.: Агропромиздат, 1990. – 287 с.

12. *Бондарев В.А.* Теплотехника / В.А. Бондарев, А.Е. Процкий, Р.Н. Гринкевич – изд.2-е, испр. и доп. Минск, “Вышэйш школа”,1976.

13. *Чижигов А.Г.* Теплофизические характеристики семян пшеницы / А.Г. Чижигов, В.Ф. Кабанов // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1976. – № 11. – С. 18 – 20.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНТАЛЬПИИ В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ ЗЕРНОВОЙ МАССЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ

Ялпачик В.Ф., Кюрчев С.В., Верхоланцева В.А.

*Аннотация* - в статье рассмотрена энтальпия в процессе хранения зерновой массы, а также представлены изменения энтальпии относительно влагосодержания с помощью id диаграммы Рамзина-Мольера. Приведены распределения теоретического и экспериментального значения энтальпии по двум экспериментальным зернохранилищам, в которых поддерживали определенную температуру с применением охлаждения.

## RESEARCH ENTHALPY DURING STORAGE OF GRAIN MASS WITH COOLING

V. Yalpachik, S. Kuirchev, V. Verkholantseva

### *Summary*

The article deals enthalpy during storage of grain mass and enthalpy changes are relatively volohovmistkisty using id diagrams Ramzin-Moliere. These distributions theoretical and experimental values of enthalpy on two experimental silos, which maintained a certain temperature using cooling.