

УДК 631.563.2.003.13:
[631.53.01:635.623]

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ СУШІННЯ НАСІННЯ ГАРБУЗА

Стручаєв М.І., к.т.н.,

Ялпачик В.Ф., д.т.н.,

Тарасенко В.Г., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел (0619)42-13-06

Анотація – розглянуто процес підготовки гарбузового насіння за допомогою сушіння з використанням енергоефективної установки для сушіння насіння.

Ключові слова – енергоефективна установка для сушіння насіння, сушіння, додатковий охолоджувач-осушувач, випарник парокомпресійної холодильної машини, конденсатор парокомпресійної холодильної машини, вологість насіння.

Постановка проблеми. У даний час питання економії енергоресурсів є досить актуальним. Використання у якості установки для сушіння насіння елементів парокомпресійної холодильної машини набуває важливого значення, враховуючи, що, наприклад, холодильний коефіцієнт складає 2,5...5, а в кращих установок до 8. [1]. Це означає, що можливо зекономити 60...80 % теплової енергії, що витрачається на сушіння.

Тому однією з основних попередніх операцій перед сушінням є видалення вологи з сушильного агента. Цього можна досягти послідовним пропусканням атмосферного повітря через випарник і конденсатор парокомпресійної холодильної машини.

Аналіз останніх досягнень. Робота присвячена розгляду питання підготовки сушильного агента шляхом зниження його вологовмісту. Оскільки додатковий охолоджувач-осушувач виконує технологічний прийом зниження вологовмісту сушильного агента, що впливає на наступні операції та їх результат, то його роль пов'язана з основним технологічним процесом сушіння.

Існують різноманітні конструкції сушильних апаратів для рослинної сировини, що випускаються світовим машинобудуванням [1,4], однак вони не охоплюють усього діапазону зміни параметрів сушильного агента.

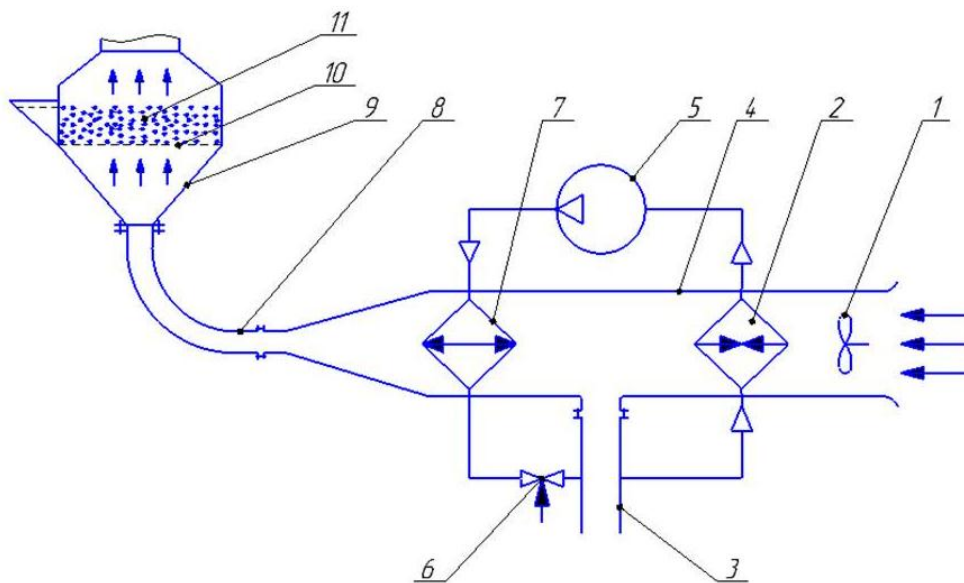
До теперішнього часу досить повно охоплені високотемпературні сушильні установки, але сушильні установки ощадливого сушіння представлені незначно.

Формулювання цілей статті. Основна мета статті – представити послідовність розрахунку процесу сушіння насіння гарбуза.

Завдання роботи полягає у тому, щоб запропонувати методику визначення кількості води, яка попередньо видаляється з повітря, що використовується для сушіння насіння гарбуза і розрахунку кількості енергії, необхідної для її видалення шляхом використання енергоефективної сушильної установки. Дати основні конструктивні параметри енергоефективної сушильної установки, що дозволяють виконати технологічний процес сушіння насіння гарбуза.

Основна частина. Енергоефективна установка для сушіння насіння дозволяє отримувати високоякісне насіння для насінництва з широкого різноманіття насіння овочевих і фруктових рослин, у тому числі і гарбуза з подальшим використанням отриманого насіння для садіння або комерційного обороту різних модифікацій. Насіння сушиться без хімічних препаратів, з використанням запатентованої нами енергоефективної установки для сушіння насіння. Енергоефективна установка для сушіння насіння складається з вентилятора, додаткового охолоджувача-осушувача, патрубку для відведення конденсату, повітропроводу для під'єднання додаткового охолоджувача-осушувача до повітропідігрівача, повітропідігрівача, патрубка, дифузора; решітчастої основи і корпусу сушильної камери (рис.1).

Енергоефективна установка для сушіння насіння працює таким чином. Повітря під дією вентилятора 1 через додатковий охолоджувач-осушувач 2 рухається у повітропідігрівач 7. Додатковий охолоджувач-осушувач виконаний у вигляді випарника парокомпресійної холодильної машини. При зниженні температури нижче точки роси, після додаткового охолоджувача-осушувача 2, надлишкова волога випадає у вигляді конденсату водяної пари і відводиться за допомогою патрубка для відведення конденсату 3, який розташований у нижній точці повітропроводу 4, що слугує для під'єднання додаткового охолоджувача-осушувача 2 до повітропідігрівача 7. Повітря, з якого видалено частину вологи, потрапляє у повітропідігрівач 7, виконаний у вигляді конденсатора парокомпресійної холодильної машини. Підігріте в повітропідігрівачі 7 повітря з низькою відносною вологістю надходить патрубком 8 у дифузор 9 через решітчасту основу 10 в корпус сушильної камери 11, де, завдяки низькій відносній вологості повітря, з насіння видаляється частина вологи та відводиться потоком повітря.



1 - вентилятор, 2 - додатковий охолоджувач-осушувач, 3 - патрубок для відведення конденсату, 4 - повітропровід для під'єднання додаткового охолоджувача-осушувача до повітропідігрівача, 5 - компресор, 6 - терморегулюючий вентиль; 7 - повітропідігрівач, 8 - патрубок, 9 - дифузор, 10 - решітчаста основа, 11 - корпус сушильної камери.

Рис. 1. Схема енергоефективної установки для сушіння насіння

Енергоефективна установка для сушіння призначена для безперервного сушіння рослинної сировини, наприклад, насіння гарбуза. Експлуатація сушарки проводиться у закритих приміщеннях з установкою вентиляційного димовідсмоктуючого обладнання.

Агентом сушіння є гаряче повітря. Нагрівання сушильного агента виконується у теплогенераторі, в якості якого використовується конденсатор парокомпресійної холодильної машини. При використанні холодильної машини, що працює у режимі теплового насоса для підігріву сушильного агента, з'являється можливість використовувати теплову енергію, що виділяється при конденсації пари води, що міститься у вихідному повітрі, яка підсумовується з енергією стискання пари холодильного агента в компресорі холодильної машини. Висушений матеріал видаляється через розвантажувальний отвір.

Для визначення кількості води, яка видаляється з повітря, що використовується для сушіння насіння гарбуза в додатковому охолоджувачі-осушувачі та розрахунку зменшення кількості енергії, необхідної для сушіння насіння гарбуза шляхом використання енергоефективної сушильної установки, в порівнянні зі звичайною, необхідно задатися наступними умовами: для сушіння

використовуємо атмосферне повітря при початковій температурі $t_1=20^\circ\text{C}$ і вологості $\varphi_1 = 60\%$. Подальший розрахунок виконуємо за Hd -діаграмою вологого повітря.

1. По Hd -діаграмі (рис. 1) знаходимо точку «1» на перетині ліній $t_1=20^\circ\text{C}$ і $\varphi_1=60\%$ і для неї визначаємо вологовміст (вміст води в кубометрі повітря), рівний $d_1 = 10$ грамів на кг повітря і ентальпію $H_1 = 42$ кДж/кг.

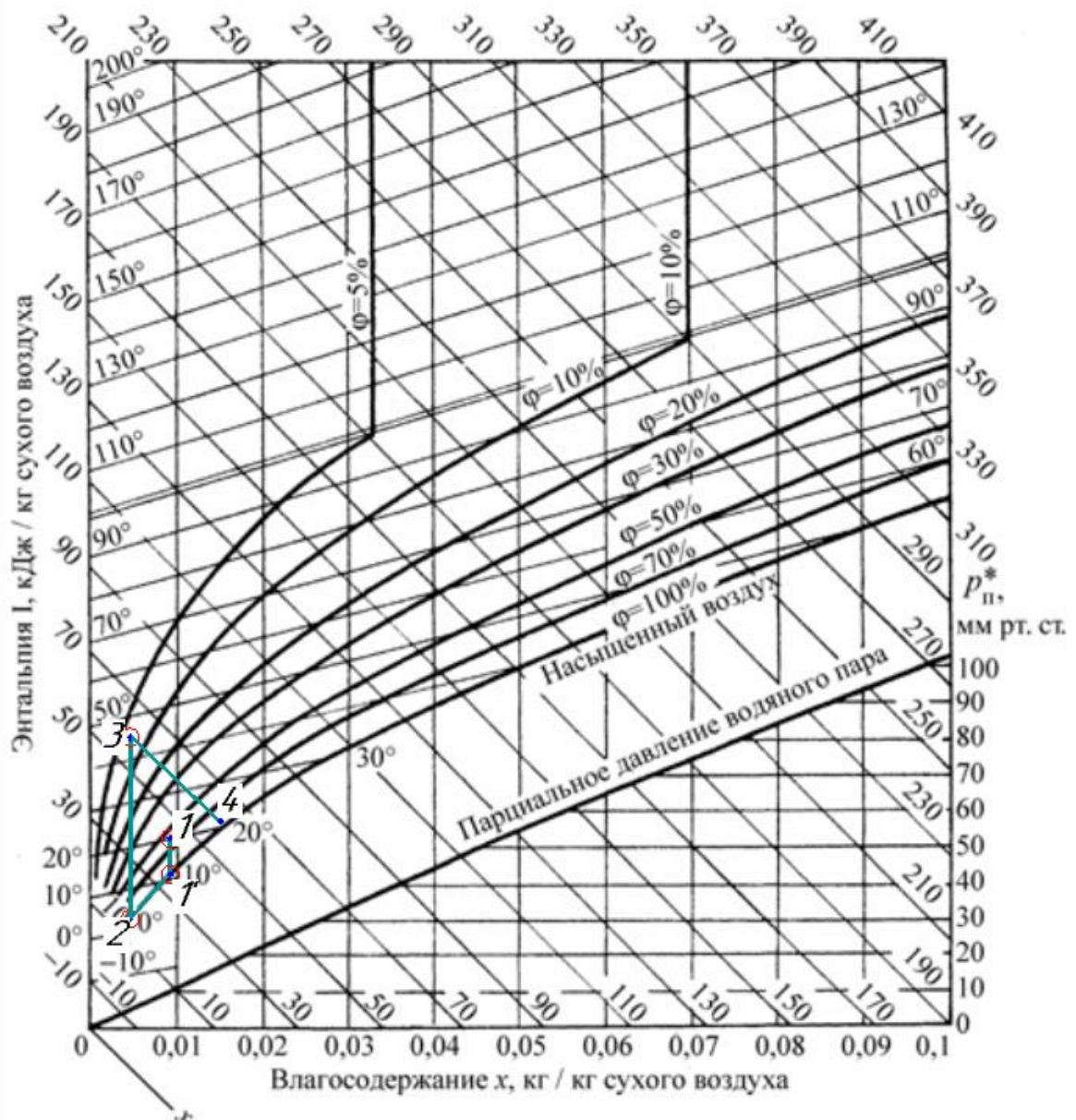


Рис. 1. Розрахунок процесу сушіння насіння гарбуза за Hd -діаграмою Рамзіна.

2. З точки «1» проводимо лінію $d_1 = \text{const}$ до перетину з лінією $\varphi = 100\%$. Це буде точка роси 1'. Від точки 1' по лінії $\varphi = 100\%$ опускаємося до перетину з ізотермою $t_2 = 3\text{ }^\circ\text{C}$, отримуємо точку «2». Точка перетину «2» характеризує стан повітря на виході з додаткового охолоджувача-осушувача. У додатковому охолоджувачі-осушувачі, виконаному у вигляді випарника парокомпресійної холодильної машини, повітря охолоджується нижче точки роси до температури $t_2 = 3\text{ }^\circ\text{C}$, вологість його підвищується до $\varphi_2 = 100\%$. При цьому його вологовміст дорівнюватиме $d_2 = 4,7\text{ г/кг}$, а ентальпія $H_2 = 18\text{ кДж/кг}$.

Зменшення вологовмісту складе

$$\Delta d = d_1 - d_2 = 10 - 4,7 = 5,3\text{ г/кг}.$$

Тобто, при проходженні одного кілограма повітря через додатковий охолоджувач-осушувач, виконаний у вигляді випарника парокомпресійної холодильної машини, з нього видаляється 5,3 грами води у вигляді конденсату.

3. З точки «2» проводимо лінію $d_1 = 4,7\text{ г/кг} = \text{const}$ до перетину з ізотермою $t_3 = 45\text{ }^\circ\text{C}$, отримуємо точку «3». Точка перетину «3» характеризує стан повітря на виході з теплогенератора, в якості якого використовується конденсатор парокомпресійної холодильної машини. Для неї визначаємо вологовміст, рівний $d_3 = 4,7\text{ грамів на кг}$ повітря і ентальпію $H_3 = 58\text{ кДж/кг}$, вологість повітря знижується до $\varphi_3 = 7,5\%$.

4. З точки «3» проводимо лінію $H_3 = 58\text{ кДж/кг} = \text{const}$ до перетину з лінією постійної відносної вологості $\varphi_4 = 95\%$, отримуємо точку «4». Точка «4» характеризує стан повітря на виході з сушильної камери. При цьому його вологовміст дорівнюватиме $d_4 = 15\text{ г/кг}$, а ентальпія $H_4 = 58\text{ кДж/кг}$.

Визначимо зміну вологовмісту вологого повітря відносно 1 кг сухого повітря у процесі сушіння насіння гарбуза

$$\Delta d = d_4 - d_3 = 15 - 4,7 = 12,3\text{ грам/кг}.$$

Тобто, 1 кілограм повітря може забрати з насіння гарбуза 12,3 грама води і видалити її у вигляді водяної пари (дуже важливо, щоб пара не сконденсувалася у сушарці або на її виході, тому її відносна вологість повинна бути не нижче $\varphi_4 = 95\%$).

Аналогічно виконуємо розрахунки для процесу сушіння насіння гарбуза в сушарках без попереднього осушення повітря. Результати розрахунків процесу сушіння насіння гарбуза в сушарках

без попереднього осушення повітря і в пропонованій сушарці з попереднім осушенням повітря представимо у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1 - Результати розрахунку процесу сушіння насіння гарбуза в сушарках без попереднього осушення повітря і в пропонованій сушарці з попереднім осушенням повітря.

Величини	Температура, t °С	Відносна вологість, φ , %	Вологовміст, d , г/кг	Зміна вологовмісту, Δd , г/кг	Ентальпія, H , кДж/кг	Зміна ентальпії, ΔH , кДж/кг
Номер точки						
1.Сушарка з осушенням	20	60	10	немає	42	немає
2.Сушарка з осушенням	3	100	4,7	5,3	18	-24
3. Сушарка з осушенням	45	7,5	4,7	немає	58	+ 40
4. Сушарка з осушенням	22	95	15	12,3	58	немає
1.Сушарка без осушення	20	60	10	немає	42	немає
2. Сушарка без осушення	немає	немає	немає	немає	немає	немає
3. Сушарка без осушення	45	15	10	немає	63	+21
4. Сушарка без осушення	24	95	18	8	63	немає

5. Визначимо збільшення продуктивності по відібраній з насіння гарбуза вологи в сушарці з попереднім осушенням повітря у порівнянні зі звичайною сушаркою

$$k = \frac{d_{\text{новий}} - d_{\text{звичайний}}}{d_{\text{новий}}} \cdot 100 = \frac{12,3 - 8}{12,3} \cdot 100 = 35\%.$$

6. Визначимо витрату теплоти на нагрів 1 кг повітря у сушарці без попереднього осушення

$$Q_{\text{звичайн}} = \Delta H_{\text{звичайн}} = H_{3\text{звичайн}} - H_{1\text{звичайн}} = 63 - 42 = 21 \text{ кДж/кг}.$$

7. Визначимо витрату теплоти на нагрів 1 кг повітря у сушарці з попереднім осушенням

$$q_{\text{новий}} = \Delta H_{\text{новий}} = H_{3\text{новий}} - H_{2\text{новий}} = 58 - 18 = 40 \text{ кДж/кг}.$$

8. Визначимо кількість теплової енергії, відібраної у вихідного повітря у додатковому охолоджувачі-осушувачі, виконаному у вигляді випарника парокомпресійної холодильної машини

$$q_{\text{новий відбір}} = \Delta H_{\text{од охолод}} = H_{1\text{новий}} - H_{2\text{новий}} = 42 - 18 = 24 \text{ кДж/кг.}$$

9. Визначимо кількість енергії, що йде на привод компресора холодильної машини (за h - lgP діаграмою фреона)

$$l_{\text{компр}} = h_2 - h_1 = 570 - 540 = 30 \text{ кДж/кг.}$$

10. Визначимо кількість енергії, що віддається повітрю, яке нагрівається у конденсаторі холодильної машини (за h - lgP діаграмою фреона)

$$q_{\text{конд}} = h'_2 - h_1 = 560 - 430 = 130 \text{ кДж/кг.}$$

11. Визначимо кількість теплової енергії, що йде на сушіння насіння гарбуза

$$q_{\text{сушки}} = l_{\text{компр}} + q_{\text{конд}} = 30 + 130 = 160 \text{ кДж/кг.}$$

12. Визначимо частку енергії, що йде на привод компресора

$$r = l_{\text{компр}} / q_{\text{сушки}} = 30/160 = 0,19.$$

13. Визначимо витрату енергії, яка йде на привод компресора для нагріву 1 кг повітря у сушарці з попереднім осушенням

$$q_{\text{новий}} = \Delta H_{\text{новий}} = \Delta H_{\text{новий}} \cdot r = 40 \cdot 0,19 = 7,6 \text{ кДж/кг.}$$

14. Визначимо економію енергії, що витрачається на сушіння насіння гарбуза в сушарці з попереднім осушенням повітря у порівнянні зі звичайною сушаркою

$$q_{\text{економія новий}} = (q_{\text{звичайн}} - q_{\text{новий}}) / q_{\text{звичайн}} \cdot 100 = (12,8 - 7,6) / 12,8 \cdot 100 = 40,6 \text{ \%}.$$

Висновки. Пропонована методика може бути використана для практичного застосування при розрахунку підготовчих операцій перед сушінням насіння, наприклад, насіння гарбуза.

Збільшення продуктивності за відібраною з насіння гарбуза вологою у сушарці з попереднім осушенням повітря у порівнянні зі звичайною сушаркою становить близько 35%.

Економія енергії, що витрачається на сушіння насіння гарбуза в сушарці з попереднім осушенням повітря у порівнянні зі звичайною сушаркою, становить більше 40%.

Література:

1. *Дацишин О.В.* Машини та обладнання переробних виробництв / О.В. Дацишин та ін. – К.: Вища освіта, 2005. – 155 с.
2. *Наместников А.Ф.* Хранение и переработка овощей, плодов и ягод / А.Ф. Наместников. – М.: Высшая школа, 1972. – 312 с.
3. *Николаев Б.А.* Измерение структурно-механических свойств пищевых продуктов / Б.А. Николаев. – М.: Экономика, 1964. – 224с.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СУШКА СЕМЯН ТЫКВЫ

Стручаев Н.И., Ялпачик В.Ф., Тарасенко В.Г.

Аннотация - в статье рассмотрена сушка семян тыквы с использованием энергоэффективной установки для сушки семян.

ENERGYEFFICIENT DRYING PUMPKIN SEEDS

M. Struchayev., V. Yalpachyk, V. Tarasenko

Summary

In this work the drying pumpkin seed with the use of energyefficient installations for drying seeds.