



УДК 664.834

**ТЕРМОСИФОННА ГЕЛІОСУШАРКА****Стручаєв М.І., к.т.н.,****Постол Ю.О., к.т.н.***Таврійський Державний Агротехнологічний Університет**Тел. (0619) 42-23-41*

**Анотація** – Проведено аналіз сушарок для сушіння насіння. Виявлено, що при їх роботі, сушіння відбувається під дією властивостей підігрітого в сушарці повітря, а саме високої температури і низької відносної вологості. Недоліком існуючих сушарок є те, що вони не дозволяють отримати достатньо низьку відносну вологість при помірній температурі, що необхідно при сушінні насіння. Для усунення проблеми виникнення цих недоліків запропоновано методику розрахунку процесу сушки в термосифонній геліосушарці та запропонована модернізована сушарка на яку отримано патент на корисну модель «Термосифонна геліосушарка», в якій реалізовано можливість підвищення ефективності роботи за рахунок попередньої підготовки повітря, а саме за рахунок ведення додаткових елементів попереднього охолодження сушильного агента, що знижує його вологовміст, а також використанню в роботі сушарки теплової енергії ґрунту, та сонячної енергії за допомогою термосифонів.

**Ключові слова** – Термосифонна геліосушарка, сушіння насіння, використання теплової енергії ґрунту та сонячної енергії за допомогою термосифонів, повітряний канал, вентилятор, конденсаційна зона термосифона, охолоджувач-підсушувач, випарювальна зона термосифона, патрубок відведення конденсату, повітряпідігрівач, сушильна камера.

**Постановка проблеми.** В даний час питання економії енергоресурсів є досить актуальним. Використання в якості установки для сушки насіння, елементів холодильних пристроїв набуває важливого значення, враховуючи, що, наприклад, холодильний коефіцієнт складає 2,5...5, а у 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 холодильних пристроїв.

*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 машинобудуванням [2,3,4], однак вони не охоплюють усього діапазону зміни параметрів сушильного агента.

До теперішнього часу досить повно охоплені високотемпературні сушильні установки, але сушильні установки ощадливої сушки представлені незначно. Аналіз конструкцій сучасних сушарок для сушіння насіння показав, що при їх роботі, сушіння відбувається під дією властивостей підігрітого в сушарці повітря, а саме високої температури і низької відносної вологості. Недоліком існуючих сушарок є те, що вони не дозволяють отримати достатньо низьку відносну вологість при помірній температурі, що необхідно при сушінні насіння. Відомі також сушарки з попередньою підготовкою повітря [5,6,7], однак вони потребують витрат теплової, механічної, або електричної енергії на попереднє охолодження сушильного агента.

*Формулювання цілей статті.* Для усунення проблеми виникнення цих недоліків запропоновано методику розрахунку процесу сушки в термосифоній геліосушарці та модернізована сушарка, на яку отримано патент на корисну модель «Термосифонна геліосушарка» [8], в якій реалізовано можливість підвищення ефективності роботи за рахунок попередньої підготовки повітря, а саме за рахунок ведення додаткових елементів попереднього охолодження сушильного агента, що знижує його вологовміст, а також використанню в роботі сушарки теплової енергії ґрунту, та сонячної енергії за допомогою термосифонів.

#### *Основна частина.*

Термосифонна геліосушарка для сушіння насіння дозволяє отримувати високоякісне насіння для насінництва з широкого різноманіття насіння овочевих і фруктових рослин з подальшим використанням отриманого насіння для посадки або комерційного обороту різних модифікацій. Насіння сушаться без хімічних

препаратів, з використанням запатентованої нами термосифонної геліосушарки [8]. Термосифонна геліосушарка для сушіння насіння включає повітряпідігрівач, вентилятор, сушильну камеру з решітчастою основою для розміщення насіння, дифузор і патрубков для під'єднання до повітряпідігрівача, згідно пропонованої корисної моделі, вентилятор розміщено перед входом встановленого охолоджувача-підсушувача з патрубком відведення конденсату і загальним повітряпроводом для під'єднання до повітряпідігрівача, повітряпідігрівач виконано у вигляді конденсаційної зони другого термосифона, а охолоджувач-підсушувач виконано у вигляді випарювальної зони першого термосифона і розміщено на шляху потоку повітря до повітряпідігрівача, патрубок відведення конденсату встановлено в нижній частині повітряпроводу, конденсаційну зону першого термосифона вмонтовано на виході з окремого повітряного каналу з вентилятором, випарювальна зона другого термосифона отримує енергію від геліоконцентратора-рефлектора. (рис.1).

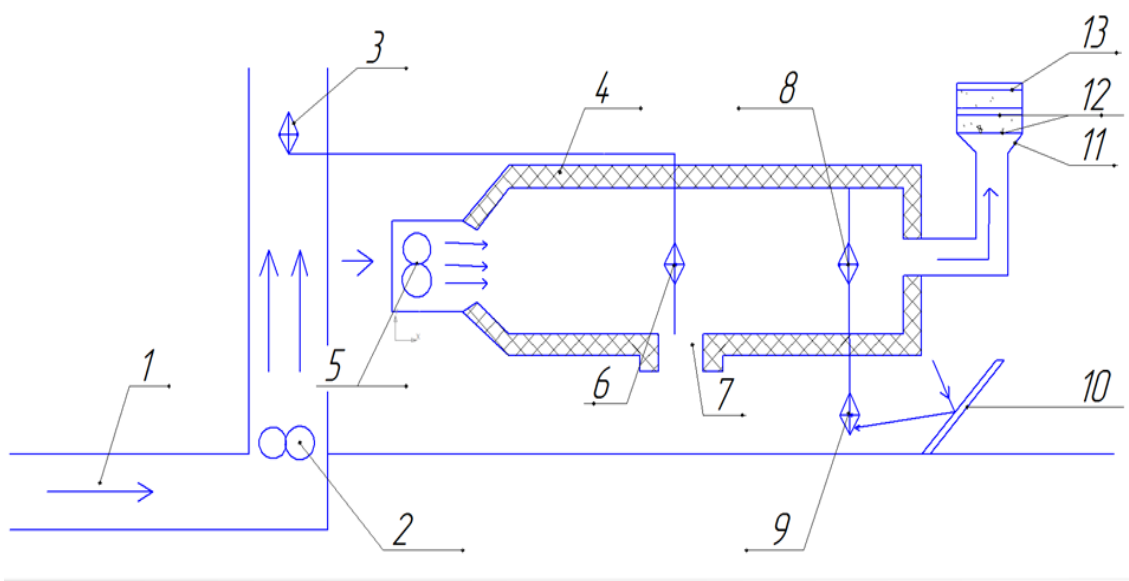


Рис. 1. Схема термосифонної геліосушарки:

1 - повітряний канал, 2 - вентилятор, 3 - конденсаційна зона першого термосифона, яку вмонтовано на виході з повітряного каналу, 4 - загальний повітряпровод, 5 - вентилятор, 6 - охолоджувач-підсушувач, виконаний у вигляді випарювальної зони першого термосифона, 7 - патрубок відведення конденсату, 8 - повітряпідігрівач, виконаний у вигляді конденсаційної зони другого термосифона, 9 - випарювальна зона другого термосифона, 10 - геліоконцентратор – рефлектор, 11 – дифузор, 12 - решітчаста основа, 13 - сушильна камера



Термосифонна геліосушарка для сушки насіння працює таким чином. Повітря, з повітряного каналу 1, під дією вентилятора 2, охолоджує конденсаційну зону 3 першого термосифона, відводячи теплову енергію від охолоджувача-підсушувача 6, виконаного, у вигляді випарювальної зони першого термосифона, та встановленого у загальному повітряпроводі 4, в який, вентилятором 5, подається зовнішнє повітря. При зниженні температури повітря нижче точки роси на охолоджувачі-підсушувачі 6, надлишкова волога випадає у вигляді конденсату водяних парів і відводиться за допомогою патрубку відведення конденсату 7, який розташовано у нижній точці повітряпроводу 4. Охолоджине та підсушине повітря, з якого видалено частину вологи далі рухається до повітряпідігрівача 8, виконаного у вигляді конденсаційної зони другого термосифона, яка з'єднана з випарювальною зоною 9, другого термосифона і отримує енергію від геліоконцентратора - рефлектора 10. Підігріте повітря з низькою відносною вологістю поступає по патрубку та дифузору 11, крізь решітчасту основу 12, сушильної камери 13, де завдяки низькій відносній вологості повітря, з насіння видалається частина вологи і відводиться разом з потоком повітря.

Термосифонна геліосушарка для сушки призначена для безперервного сушіння рослинної сировини, наприклад, насіння злаків, або овочевих культур. Агентом сушки є гаряче повітря, яке охолоджується і підсушується та передає енергію до оточуючого середовища завдяки роботі першого термосифона, який охолоджується повітрям з підземного повітряного каналу. Далі сухе, холодне повітря потрапляє в зону дії другого термосифона і отримує енергію від геліоконцентратора – рефлектора, підігріваючись до необхідної температури, при цьому його відносна вологість зменшується і воно використовується для сушки матеріалу. Висушений матеріал видалається через розвантажувальний отвір.

Для визначення кількості води, яка видалається з повітря, що використовується для сушіння насіння в додатковому охолоджувачі-осушувачі та розрахунку зменшення кількості енергії, необхідної для сушіння насіння шляхом використання термосифонної геліосушарки, в порівнянні зі звичайною, необхідно задатися наступними умовами: для сушіння використовуємо атмосферне повітря при початковій



температурі  $t_1=20$  °С і вологості  $\varphi_1 = 60\%$ . Подальший розрахунок виконуємо за  $Hd$ -діаграмі вологого повітря.

1. По  $Hd$ -діаграмі знаходимо точку «1» на перетині ліній  $t_1=20$ °С і  $\varphi_1=60\%$  і для неї визначаємо вологовміст (вміст води в кубометрі повітря) рівне  $d_1 = 10$  грамів на кг повітря і ентальпію  $H_1 = 42$  кДж/кг.

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  $t_2 = 3$  °С отримаємо точку «2». Точка перетину «2» характеризує стан повітря на виході з додаткового охолоджувача-осушувача. У додатковому охолоджувачі-осушувачі, повітря охолоджується нижче точки роси до температури  $t_2 = 3$  °С, вологість його підвищується до  $\varphi_2 = 100\%$ . При цьому його вологовміст дорівнюватиме  $d_2 = 4,7$  г/кг, а ентальпія  $H_2 = 18$ 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, з нього видаляється 5,3 грами води у вигляді конденсату.

3. З точки «2» проводимо лінію  $d_1 = 4,7$  г/кг = const до перетину з ізотермою  $t_3 = 45$ °С, отримаємо точку «3». Точка перетину «3» характеризує стан повітря на виході з повітряпідігрівача, виконаного у вигляді конденсаційної зони другого термосифона, яка з'єднана з випарювальною зоною, другого термосифона і отримує енергію від геліоконцентратора – рефлектора. Для неї визначаємо вологовміст, рівний  $d_3 = 4,7$  грамів на кг повітря і ентальпію  $H_3 = 58$  кДж/кг, вологість повітря знижується до  $\varphi_3 = 7,5\%$ .

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



Визначимо зміну вологовмісту вологого повітря, відносно 1 кг сухого повітря в процесі сушіння насіння.

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

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

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

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

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

*Висновки.* В роботі проведено аналіз попередніх досліджень і виявленні недоліки у конструкції сушарок. З метою усунення виявлених недоліків запропоновано методику розрахунку підготовчих операцій перед сушінням насіння. Збільшення продуктивності по відібраній з насіння вологи в сушарці з попереднім осушенням повітря в порівнянні зі звичайною сушаркою, становить близько 35%. Також, в роботі пропонується модернізована сушарка, на яку отримано патент на корисну модель «Термосифонна геліосушарка» [8], в якій реалізовано можливість підвищення ефективності роботи за рахунок попередньої підготовки повітря, а саме за рахунок ведення додаткових елементів попереднього охолодження сушильного агента, що знижує його вологовміст, а також використанню в роботі сушарки теплової енергії ґрунту, та сонячної енергії за допомогою



термосифонів, що значно впливає на економію енергії, що витрачається на сушіння

*Література:*

1. *Большаков С.А.* Холодильная техника и технология продуктов питания: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / С.А. Большаков. – М.: Академия, 2003. –304 с.
2. *Машины та обладнання переробних виробництв / О.В. Дацишин та ін.* – К.: Вища освіта, 2005. – 155 с.
3. *Наместников А.Ф.* Хранение и переработка овощей, плодов и ягод / А.Ф. Наместников. – М.: Высшая школа, 1972. – 312 с.
4. *Попова И.В.* Совершенствование технологии и средств сушки овощного сырья: автореф. дис. к.т.н.: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» / И.В. Попова. – Мичуринск: МичГАУ. – 2009. – 21 с.
5. *Стручаев М.І.* Патент.УА, №107561, Пароежекторний сушильний пристрій / Стручаев М.І., Петров В.О., Саплін С.А., опубл. 10.06.2016. Бюл. № 11.
6. *Стручаев М.І.* Патент.УА, №107871, Пристрій сушіння насіння для первинного насінництва / Стручаев М.І., Петров В.О., Тарасенко В.Г., опубл. 24.06.2016. Бюл. № 12.
7. *Стручаев М.І.* Патент.УА, №107799, Пристрій для сушіння насіння / Стручаев М.І., Петров В.О., Тарасенко В.Г., опубл. 24.06.2016. Бюл. № 12.
8. *Стручаев М.І.* Патент.УА, №125146, Термосифонна геліосушарка/ Стручаев М.І., Нікітіна М.Д., Постол Ю.О., опубл. 25.04.2018. Бюл. № 8.

## ТЕРМОСИФОННАЯ ГЕЛИОСУШИЛКА

Н.И.Стручаев, Ю.А.Постол

### *Аннотация*

**Проведен анализ сушилок для сушки семян. Обнаружено, что при их работе, сушка происходит под действием свойств подогретого в сушилке воздуха, а именно высокой температуры и низкой относительной влажности. Недостатком существующих**



сушилок является то, что они не позволяют получить достаточно низкую относительную влажность при умеренной температуре, что необходимо при сушке семян. Для устранения проблемы возникновения этих недостатков предложена методика расчета процесса сушки в термосифонной гелиосушилке и предложена модернизированная сушилка на которую получен патент на полезную модель «Термосифонная гелиосушилка», в которой реализована возможность повышения эффективности работы за счет предварительной подготовки воздуха, а именно за счет ведения дополнительных элементов предварительного охлаждения сушильного агента, снижающего его влагосодержание, а также использование в работе сушилки тепловой энергии почвы, и солнечной энергии с помощью термосифонов.

## THERMOSIPHON SOLAR DRYER

N. Struchayev, J. Postol.

### *Summary*

The analysis of dryers for drying of seeds is carried out. It was found that during their operation, the drying takes place under the influence of the properties of the air heated in the dryer, namely high temperature and low relative humidity. A disadvantage of existing dryers is that they do not allow to obtain a sufficiently low relative humidity at a moderate temperature, which is necessary for drying the seeds.

To eliminate the problem of these drawbacks, a procedure for calculating the drying process in a thermosyphon solar dryer has been proposed, and a modernized dryer has been proposed for which a patent has been obtained for the useful model "Thermosiphon Helio Dryer", in which the possibility of improving the efficiency of work due to preliminary air preparation is realized, namely, by maintaining additional elements pre-cooling drying agent, reducing its moisture content, as well as the use of the dryer thermal energy soil, and solar energy using thermosyphons.