

**ҚУЁШ ЭНЕРГЕТИКАСИ/ СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА/ SOLAR ENERGY****КОМПАКТНАЯ СОЛНЕЧНАЯ СУШИЛКА С АКТИВНЫМ
ВЕНТИЛИРОВАНИЕМ****М.Р. Назаров¹, Т.Д. Жураев², Н.М. Назарова²**¹Бухарский педагогический институт, доцент (90 413-65-36)*e-mail:* mustagnazarov940@gmail.com²Бухарский государственный университет, доцент*e-mail:* tdjuraev@mail.ru²Бухарский государственный университет, преподаватель (90 513-85-22)*e-mail:* nazarova_narqiza85@mail.ru

Аннотация. Для интенсификации процесса сушки и поддержания режимов сушки плодов авторами разработана компактная рециркуляционная солнечная сушилка с активным вентилированием объемом загрузки по свежему плоду 20 кг. Данная сушильная установка содержит сушильную камеру, снабженную системой вентиляции, автономный блок питания (солнечную панель) с контроллером, системы автоматического управления.

Солнечная сушилка может работать в режимах вынужденной циркуляции и рециркуляции. В сушильной установке за счет применения системы автоматического управления можно поддерживать необходимый температурно-влажностный режим, который обеспечивает поддержание режимов сушки некоторых видов плодоовощной продукции.

Ключевые слова: сушка, солнечная панель, солнечная энергия, автоматическая система управления, сушилка, рециркуляция, вентиляция.

Abstract. To intensify the drying process and develop the drying regimes of fruits, the authors have developed a compact recirculating solar dryer with active ventilation with a load volume of 20 kg for fresh fruit. This drying unit contains a drying chamber equipped with a ventilation system, an autonomous power supply unit (solar panel) with a controller, and an automatic control system.

The solar dryer can operate forced circulation and recirculation. In the drying plant, due to the use of an automatic control system, it is possible to maintain the required temperature and humidity conditions, which ensures the development of drying modes for some types of fruit and vegetable products.

Keywords: drying, solar panel, solar energy, automatic control system, dryer, recirculation, ventilation.

Введение.

В Центральноазиатском регионе сушка плодоовощной продукции в основном осуществляется воздушно-солнечным способом, так как сушка на солнце - популярный и экономичный метод сушки плодоовощных продуктов в развивающихся странах. Но основным недостатком этого способа является продолжительность процесса сушки, а также зависимость от климатических условий и неэкологичность (поверхность продуктов взаимодействует с пылью и атмосферными осадками; продукцию портят также насекомые и грызуны). Указанные недостатки могут быть устранены путем использования эффективных гелиосушилок [1,3,5,7,8,11].

До настоящего времени исследователями разработано большое количество разнообразных солнечных сушильных установок, отличающихся по конструкции, принципу работы и назначению: от простейших типов гелиосушилок до комбинированных, оснащенных системами вентиляции, аккумуляции тепла и средствами автоматизации. Несмотря на многочисленные исследования и разработки конструкций солнечных установок,





нет действующих промышленных установок с высокой эффективностью, поэтому разработка высокоэффективных солнечных установок для сушки плодов и ягод, позволяющих обеспечить производство сухофруктов высокого качества, имеет большое народнохозяйственное значение [2,4,5,11,6].

Для решения данной проблемы необходимо исследовать методы повышения энергетической (теплотехнической) эффективности гелиосушилок и разработать рациональную конструкцию солнечных сушилок. Это может быть достигнуто путем повторного использования в сушильных агрегатах отработанного сушильного агента, обладающего значительной энтальпией, что обуславливает целесообразность использования его как вторичного источника энергии [5,7].

Известны комбинированные солнечно-сушильные установки радиационно-конвективного типа, состоящие из сушильной камеры, гелио воздухонагревателя, калорифера и системы вентиляции [2,3,4,5,6,7]. В указанных сушилках для интенсификации процесса сушки, наряду с солнечной энергией, используется дополнительно и тепловая энергия.

В работе [10] описана гибридная солнечная сушилка для сушки помидоров. Разработанная авторами солнечная сушильная установка состоит из плоского концентрирующего солнечного коллектора, теплообменника с дополнительным теплоаккумулятором и сушильного агрегата, ее вместимость составляет 20 кг свежих нарезанных помидоров за одну загрузку. Размеры горизонтального солнечного коллектора составили: длина 2,8 м, ширина 1,8 м и высота- 0,18 м, верхняя часть коллектора покрыта прозрачным стеклом толщиной 4 мм. Внутри солнечного коллектора установлен лист железа толщиной 2 мм, окрашенный в черный цвет, он использовался в качестве поглотителя солнечного излучения. Чтобы увеличить КПД солнечного коллектора, к нему добавлен плоский отражатель, сделанный из яркого алюминия в верхней части рефлектора солнечной сушилки. Размеры рефлектора были такими же, как у солнечного коллектора, чтобы его можно было использовать днем в качестве отражателя и закрывать коллектор ночью.

Сушилка была испытана в разных погодных условиях. Производительность и качественные параметры сушилки сравнивали с сушкой (на открытой площадке) на солнце.

В настоящее время разработаны и используются различные варианты солнечных сушильных установок для сушки плодоовощной продукции. Традиционно такие установки являются стационарными, предназначены для сушки больших объемов продукции, имеют сложную конструкцию. Широкое развитие частных хозяйств, производящих различную сельскохозяйственную продукцию, диктует появление упрощенных, мобильных вариантов солнечных сушильных установок, которые не требуют больших капитальных и эксплуатационных затрат, могут устанавливаться в сезон сушки в местах производства сельхозпродукции [1,9].

Для повышения эффективности гелиосушки плодов авторами разработана солнечно-тепловая сушилка объемом загрузки по свежему плоду 12 кг [5]. Солнечная сушильная установка снабжена системой вентиляции, автоматической системой управления и дополнительным источником тепла. Устройство и принцип работы данной сушильной установки подробно описаны в работе [5].

Проведенный обзор литературы по солнечным сушилкам показывает острую необходимость в повышении энергетической эффективности сушильных установок путем использования лучших достижений современной техники и технологических приемов, возможность рекуперации теплоты отработанного сушильного агента и оптимизации сушки [7].

В последнее время в сушильной технике основные усилия были направлены на создание энергосберегающей технологии сушки с использованием альтернативных источников энергии.





Методы и материалы.

Для качественной сушки и повышения эффективности сушилок необходимо использовать солнечную энергию и автоматизировать работу сушильных агрегатов. Применение солнечной батареи к гелиосушилкам и автоматизация их работы дает возможность решить следующие актуальные задачи:

- получить высококачественный высушенный продукт сушки; это достигается путем поддержания температурно-влажностного режима сушки в сушильной камере.
- обеспечить разработку режимов сушки конкретного плода путем поддержания заданной температуры в процессе сушки продуктов и освободить оператора установки от постоянного наблюдения за приборами [5,6,7].

С этой целью авторами разработана рециркуляционная солнечная сушилка с активным вентилированием (РСС) объемом загрузки по свежему плоду 20 кг. Данная сушильная установка содержит сушильную камеру, снабженную системой вентиляции, автономный блок питания (солнечную панель) и систему автоматического управления.

Проведенные опыты показывают, что данная солнечная сушилка обладает высокой эффективностью и производительностью за счет применения солнечной батареи для питания вентиляторов, ИК лампы и применения устройства усовершенствованной автоматической системы управления.

Принципиальная схема предлагаемой солнечной сушильной установки изображена на рис.1.

Компактная солнечная сушильная установка содержит сушильную камеру, снабженную системой вентиляции 2,3 и блок автоматического управления с автономным электропитанием.

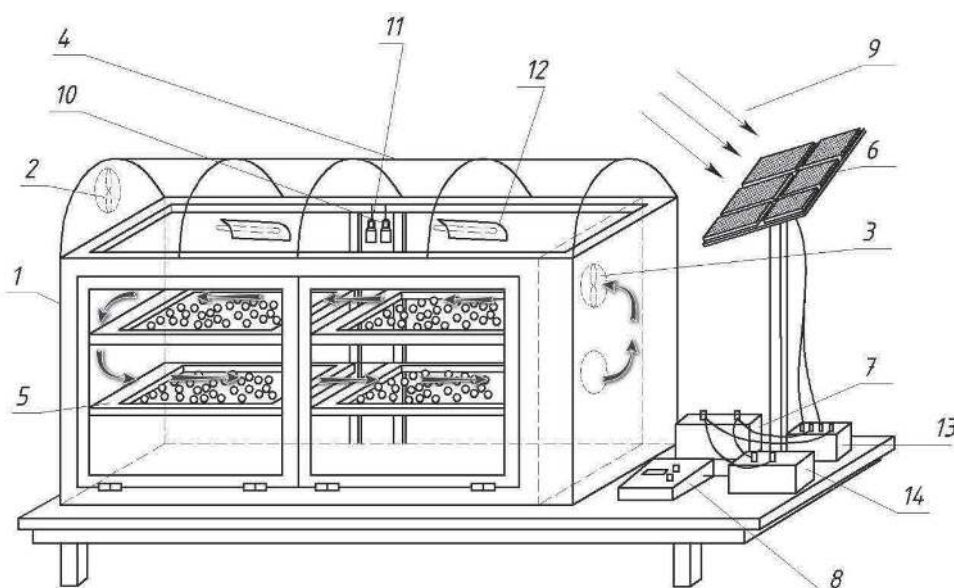


Рис.1. Принципиальная схема сушильной установки.

1 – сушильная камера ; 2 – вентилятор 1 (для выброса влажного воздуха); 3 – вентилятор 2 (для активной вентиляции); 4 – прозрачная изоляция; 5 – поддоны для высушиваемой продукции; 6 – СБ (солнечная батарея); 7 – аккумулятор; 8 – ПУ (пульт управления); 9 – солнечные лучи; 10 – датчик температуры; 11 – датчик влажности воздуха; 12 – ИК лампы; 13 – контроллер; 14 – инвертор.

Сушильная камера представляет собой прямоугольную форму размером 2,0×0,8×1,3 м с дугообразным, прозрачным верхним покрытием 4, сетчатыми подносами 5 для высушиваемого продукта. Сушилка и воздухонагреватель совмещены в одной камере. Сетчатые подносы располагаются в сушильной камере ярусами, причем расстояние между



ними выбиралось с учетом создания равномерного потока теплоносителя. Подносы имеют прямоугольную форму с размерами сторон $0,8 \times 0,8 \times 0,05$ м и металлическим сетчатым дном. В сушилке размещаются четыре подноса общей площадью $1,80 \text{ м}^2$. Верхние и боковые части солнечно-сушильной установки покрыты прозрачными листами сотового поликарбоната толщиной 6 мм и плотно герметизированы, так как этот материал уменьшает тепловые потери в 2-3 раза по сравнению с оконным стеклом. Для заправки свежими порциями плодов в передней части сушильной камеры имеются плотно закрывающиеся двери.

Блок автоматического управления с автономным электропитанием состоит из солнечного модуля 6, аккумулятора 7 и пульта управления 8. Солнечная панель установлена на специальном держателе возле сушильной камеры. С выхода солнечной батареи напряжение подается на контроллер, и от него электрическая энергия передается в аккумулятор.

Блок автономного электропитания работает следующим образом: под воздействием солнечного излучения 9 фотоэлектрическая панель преобразует солнечную энергию в электрическую, которая накапливается в аккумуляторе через контроллер (рис.2.). В качестве дополнительного источника тепла в сушильной камере использована инфракрасная лампа (ИК-лампа), излучатель типа КГТ-500 с рефлектором 12 (в количестве 2 шт.), который питается от солнечной батареи.



Рис.2. Блок-схема автономного электропитания сушилки.

Предлагаемая сушильная установка может работать в следующих режимах: 1) вынужденной циркуляции; 2) рециркуляции.

Сушилка в режиме рециркуляции работает следующим образом: в дневное время солнечные лучи проходят через прозрачную изоляцию внутрь конструкции сушилки, нагревают воздух, высушиваемые продукты и приспособления внутри камеры. Воздух, нагретый до температуры $50-60^{\circ}\text{C}$, прогоняется нагнетающим вентилятором 3 сквозь высушиваемые плоды. Вентилятор 2 служит для удаления паровоздушной смеси из сушильной камеры на начальном этапе сушки и позволяет поддерживать необходимый температурно-влажностный режим сушки. На первом этапе сушки плодов влагосодержание воздуха в камере постепенно увеличивается. По достижении установленного значения относительной влажности воздуха внутри камеры датчик влажности (типа ДНТ-21) 11 автоматически включает втягивающий вентилятор для выбрасывания отработанной паровоздушной смеси наружу камеры. Далее с понижением влажности воздуха в камере до





заданного значения по сигналу датчика влажности вентилятор 2 отключается, и процесс повторяется.

Благодаря применению элементов автоматического управления (датчики температуры 11 и влажности воздуха 10), в сушильной камере можно поддерживать необходимый температурно-влажностный режим.

Заключение.

На основе проведенной экспериментальной и проектно-конструктивной работы можно сделать следующие выводы:

- разработана полупромышленная (лабораторного образца) солнечная сушильная установка с активным вентилированием для плодов и овощей.
- в солнечной сушильной установке за счет применения системы автоматического управления можно поддерживать необходимый температурно-влажностный режим, который обеспечивает поддержание режимов сушки некоторых видов плодоовощной продукции.

Предлагаемая солнечная сушильная установка компактна и предназначена для использования в фермерских хозяйствах.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.Д. Ким, Б.Э. Хайриддинов, Б.Ч. Холлиев. *Естественно-конвективная сушка плодов в солнечных сушильных установках: практика и теория*, – Т.: «ФАН», 1999, 378 с.
2. Р.А. Захидов, Д.А. Киргизбаев, Н.И. Орлова, Х.Н. Нуриддинов, “Комбинированная сушильная установка”, *Гелиотехника*, № 4, стр. 60-64, 1988.
3. З.С. Искандаров. “Вертикальная солнечно-топливная установка с регенеративным теплообменным устройством”, *Гелиотехника*, №2, стр. 24-26, 2004.
4. М.Р. Назаров, О.С. Камилов, и др. “Комбинированная солнечная сушилка-теплица с аккумулятором тепла” *Гелиотехника*. №2, стр. 70-72, 1993.
5. С.К. Каххаров, М.Р. Назаров, Х.О. Жураев О.С. Каххаров “Комбинированная гелиосушилка” Узбекистан, Ташкент, Патент на изобретение №UZ1AP 05746.
6. Г.Г. Умаров, Ш.М. Мирзаев, О.Н. Юсупбеков, *Гелиосушка сельхозпродукции*. , – Т.: «ФАН», 1999, 378 с.
7. О. Рахматов. “К вопросу тепловой оптимизации режима эксплуатации солнечно-топливной сушильной установки конвективного типа”, *Вестник Алтайского государственного аграрного университета* № 1(135), стр. 132-136, 2016.
8. М.Р. Назаров, “Разработка и исследование эффективности опытно-производственной радиационно-конвективной солнечной сушильной установки для плодов и ягод” Автореферат диссертации канд. тех. наук. –Т.: 1997, 19 с.
9. Б.Э. Хайриддинов, Т. А. Садыков, *Комбинированные гелиотеплицы-сушилки*. Т.: «Фан». 1992, 184 с.
10. М. А. Hossain, В. М. А. Amer & К. Gottschalk, “Hybrid Solar Dryer for Quality Dried Tomato”, *Drying Technology*, vol 26, pp 1591-1601, 2008.
11. Н.С. Холмирзаев. “Экспериментальное исследование топливно-солнечно-рекуперативного теплоснабжения при сушке хлопка-сырца”. *Гелиотехника*, №1, стр. 34-40, 2007.
12. З.С. Искандаров “Условия эффективности применения регенеративных аккумуляторов тепла в солнечно- топливных сушилках”, *Гелиотехника*, №2, стр. 89-91, 2003.