



ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ: НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ



теплоотдачи в каналах теплообменного оборудования. Казань: КГТУ им. А.Н. Туполева, 2009. 531 с.

7. Чуханов З.Ф. Гидродинамическая теория теплообмена и диффузии в трубе в турбулентном газовом потоке // Доклады академии наук СССР. Том XLIII № 7, 1944 г.

8. Дрейцер Г.А., Мякочин А.С., Щербаченко И.К. Экспериментальные исследования влияния геометрической формы турбулизаторов на интенсивность теплообмена в трубах // Тр.3-й Российской национальной конференция по теплообмену.

9. Попов И.А. Интенсификация теплообмена. Физические основы и промышленное применение интенсификации теплообмена. Казань: КГТУ. 2009. 560 с.

10. Олимпиев В.В., Мирзоев Б.Г. Патент. RU 2508516 C1 F28F 1/10. 01.2006.

11. Chabane F, Moumimi N, Benramache S, Bensahal D, Belahssen O. Collector Efficiency by Single Pass of Solar Air Heaters with and without Using Fins // Engineering journal Volume 17 Issue 3. 2013 y.

12. Chii D.H, Hsuan Ch., Rei Ch.W., Chun Sh.L. Analytical and Experimental Study of Recycling Baffled Double-Pass Solar Air Heaters with Attached Fins // Energies № 6. 2013.

13. Аббасов Е.С. Умурзакова М.А., Ботабоева М.П. Эффективность солнечных воздухонагревателей // Гелиотехника. № 2. 2016.

14. Khujakulov S.M., Uzakov G.N. Investigation of heat technical characteristics of the heli-air-heating system for solar-thermal regeneration of adsorbents. //5th International Conference on Innovations and Development Patterns in Technical and Natural Sciences. New York. 2018, 20th October, p-68-75.

15. Шадурко Л.О. Патент SU 1599627. F24 J 3/02, Солнечный воздухонагревательный коллектор. 1979 г.

16. Мишутин П. В. Патент SU № 1474394, кл. F24 J 2/28. Солнечный воздухонагреватель. 1979.

17. Paul M. Doherty. Patent. US 7,434,577 B2. Solar air heater. 2008.

РЕЦИРКУЛЯЦИОННАЯ ГЕЛИОСУШИЛКА С РЕКУПЕРАТИВНЫМ ТЕПЛООБМЕННИКОМ

Базарова Н.М.,²Назаров М.Р.,²Умедов Ш.К.

¹*Бухарский государственный университет*

²*Педагогический институт Бухарского государственного университета*

В статье приведены сведения об устройстве, разработанные авторами энергосберегающей солнечной сушильной установки с рекуперативным теплообменником. Также, в работе описано устройство и принцип действие рекуперативного теплообменника - утилизатора тепла. Предлагаемый рекуперативный теплообменник обеспечивает дополнительный подогрев воздуха внутри сушильной камеры в процессе сушки продуктов за счет утилизации тепла отработанного теплоносителя. В данной рециркуляционной гелиосушильной установке были проведены эксперименты по изучению кинетики сушки некоторые плодоовощной продукции.

Введение. С возрастанием энергопотребления в мировой экономике и уменьшением мировых запасов топливных ресурсов, требуется поиск и внедрение энергосберегающих технологий и все более широкое использование возобновляемых источников энергии. В этой связи возникают задачи эффективного применения энергии, ее повторного использования во всех технологических процессах, в том числе переработки сельскохозяйственного сырья и сушилках. На пути решения подобных проблем представляет особый интерес разработка и усовершенствование конструкции энергосберегающих солнечных сушильных установок с использованием рекуперативного теплообменника - утилизатора тепла (РУТ) и с применением тепловых насосов[1,8,10].

Утилизация тепла отработанного теплоносителя является наиболее эффективным методом повышения тепловой эффективности тепло-технологического процесса, которая осуществляется тремя способами: рециркуляционным, регенеративным и рекуперативным.

В работе [9] авторами разработан плоский двухканальный солнечный воздухонагреватель (для солнечной сушилки) в качестве рекуперативного утилизатора тепла отработанных теплоносителей различных теплотехнических и технологических процессов (СВН-РУТ). При наличии солнечной радиации, верхний канал СВН работает в режиме традиционного солнечного воздухонагревателя. Нижний канал является рекуперативным теплообменником, который обеспечивает дополнительный подогрев воздуха за счёт утилизации тепла отработанного теплоносителя. При отсутствии солнечной радиации СВН работает в режиме рекуперативной утилизации тепла отработанного теплоносителя.

Известно, что потенциал сушки теплоносителя топливно-конвективных сушилках в том числе солнечных сушилках используется не полностью, при этом повторное использование тепла отработанного сушильного агента (в режиме рециркуляции сушки) имеет определенные трудности, так как потенциал теплоносителя на выходе из сушилки достаточно мал. В связи с этим представляется перспективным, исследование различных вариантов утилизации и рекуперации тепла отработанного сушильного агента, скрытой теплоты высушенного продукта, используемых в процессе сушки [2, 6].

Методы и материалы. Для интенсификации и повышения эффективности процесса сушки авторами разработана солнечная сушилка с применением рекуперативного теплообменника для плодоовощной продукции объемом загрузки по свежему плоду 40 кг, с прозрачной поверхностью 6 м^2 [10].

Принципиальная схема предлагаемой солнечной сушильной установки изображена на рис.1. Солнечная сушильная установка содержит сушильную камеру, снабжённую системой вентиляции 2,3,17 и блок автоматического управления 8 с автономным электропитанием.

Сушильная камера представляет собой прямоугольную форму размером $2,0 \times 0,80 \times 1,30 \text{ м}$ с дугообразным, прозрачным верхним покрытием 4, сетчатыми подносами 5 для высушиваемого продукта. Сушилка и воздухонагреватель совмещена в одной камере. Сетчатые подносы располагаются в сушильной камере ярусами, причем расстояние между ними выбиралось с учётом создания равномерного потока теплоносителя. Подносы с металлическим сетчатым дном имеют прямоугольную форму с размерами $0,80 \times 0,80 \times 0,05 \text{ м}$. В сушилке размещаются четыре подноса общей площадью $1,80 \text{ м}^2$. Верхние и боковые части 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.

Для выбрасывания отработанного сушильного агента наружу в верхней части сушилки установлена вытяжная труба 16. Вытяжная труба изготовлена так, что она используется также и в качестве рекуперативного теплообменника - утилизатора теплоты 19 (РТУ). РТУ состоит из внутренней и внешней трубы (труба в трубе), и вытяжного вентилятора. Высота внутренней трубы 2 м, внутри которой установлено шнековое устройство 18. Диаметр внутренней и внешней трубы РТУ равны 20 см и 16 см соответственно. Внешняя труба рекуперативного теплообменника окрашена в черный цвет, который нагревается в дневное время за счет солнечного излучения (рис.1).

Принцип работы РТУ заключается в следующем. В процессе сушки плодов с помощью вытяжного вентилятора - 17 отработанный сушильный агент через вытяжную трубу (по шнековому каналу) сбрасывается в атмосферу. При своем движении отработанный сушильный агент через стенки шнековой трубы часть своего тепла отдает атмосферному воздуху, поступающему в теплообменник снаружи. Внешняя труба рекуперативного теплообменника нагревается за счет поглощения солнечной радиации и

передает часть своей теплоты воздушному потоку, поступающему в сушилку (рис.1). Течение потоков во внутреннем и внешнем каналах можно принять противоточным, так как противоточный рекуперативный теплообмен является наиболее эффективным [1].

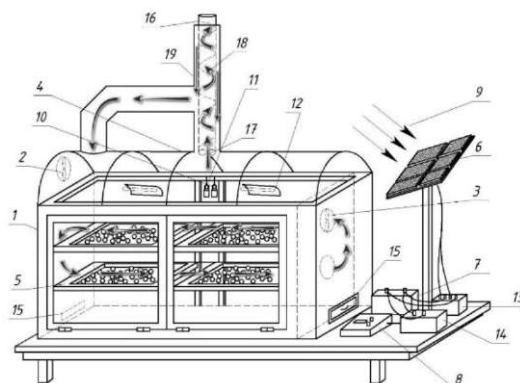


Рис. 1. Принципиальная схема солнечной сушильной установки:

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 - солнечная батарея (СБ); 7 - аккумулятор; 8 - ПУ (пульт управления); 9 - солнечные лучи; 10 - датчик температуры; 11 - датчик влажности воздуха; 12 - ИК лампы; 13 - контроллер; 14 - инвертор; 15 - входная форточка; 16 - вытяжная труба; 17- вытяжной вентилятор; 18 - шнековое устройство; 19 - рекуперативный теплообменник.

Таким образом, данное мероприятие с применением РТУ позволяет обеспечивать дополнительный подогрев внутреннего воздуха камеры в процессе сушки продуктов за счет утилизации тепла отработанного теплоносителя.

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 подаётся на контроллер, и от него электрическая энергия накапливается в аккумуляторе (рис.1.). В качестве дополнительного источника тепла в сушильной камере использован инфракрасный (ИК-лампа) излучатель типа КГТ-500 с рефлектором 12 (в количестве 2 шт.), который питается от солнечной батареи.

Предлагаемая сушильная установка может работать в режимах вынужденной циркуляции и рециркуляции. Сушилка в режиме рециркуляции работает следующим образом: после загрузки продуктами сушилка в нижней части форточки закрывается и вентилятор 2 (втяжной вентилятор 2 служит для удаления паровоздушной смеси из сушильной камеры) отключается. Нагретый до температуры 55-60°C воздух прогоняется нагнетающим вентилятором 3 сквозь высушиваемые плоды и начинается процесс сушки продуктов. В первый период 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 17 втяжной вентилятор. Далее с понижением влажности воздуха в камере до заданного значения по сигналу датчика влажности вентилятор 17 отключается, и процесс повторяется.

В рециркуляционной солнечной сушильной установке (РССУ) были проведены эксперименты по изучению кинетики сушки плодоовощной продукции. В качестве объекта сушки были выбраны помидоры. Так, помидор как ценный продукт питания, богат витаминами и микроэлементами, необходимыми для жизнедеятельности человека. В последнее время растет интерес к сушеным помидорам на международном рынке [5].

Перед началом эксперимента свежие помидоры разрезали пополам, большие помидоры на четыре куса острым ножом и затем раскладывали в один слой по сетчатым полкам без предварительной обработки. На каждой полке можно поместить 5-6 кг продукта. Нагруженные продуктам подносы поставили в сушильную камеру. Сушка началась после завершения погрузки, обычно в 8 часов утра.

Для сравнения производительности и качества сушки образцы (нарезанные помидоры) одинаковой массы (по 1000 г каждый) ставили в середины сушилки и на открытой площадке (на солнце).

На рис. 1. представлена кинетика сушки помидора в течение всего периода сушки. При сушке помидора без предварительной обработки срок сушки составляет 2-2,5 суток. В конце сушки влагосодержания помидора составила 7-10%. Из рис.1. видно, что использование предлагаемых режимов сушки обеспечивает повышение скорость сушки продукта на 2-3 раза по сравнению воздушно-солнечным способом.

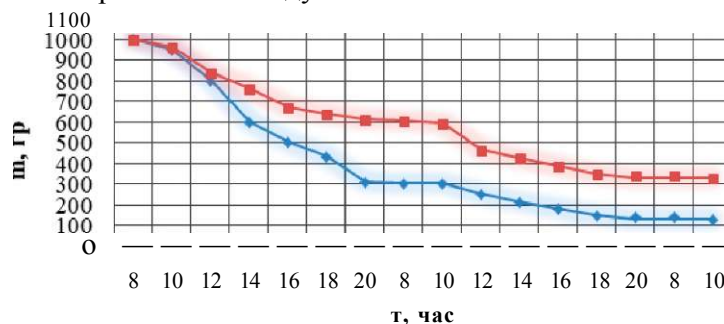


Рис. 1. Кинетика сушки помидора в РССУ.

Сушеный помидор обладает темно-красным цветом, хорошими вкусовыми качествами и внешним видом, по всем показателям удовлетворяет требованиям ГОСТ а. Выход готового продукта по сравнению с воздушно-солнечной сушкой увеличился на 2,5-3% и составил 8-10%.

Таким образом, благодаря применению автоматической системы управления, дает возможность осуществить оптимизации процесса сушки плодов и получить качественную сушеную продукции. Установка работает только за счёт солнечной энергии, мобильна и удобна при транспортировке. При необходимости можно построить такие сушилки в любом объеме.

Проведенные испытания в натуральных условиях показали, что за счет применения рекуперативного теплообменника, солнечной батареи и системы автоматического управления повышается эффективность гелиосушительной установки.

Заключение. На основе анализа проведенных исследований по энергосберегающим гелиосушилкам можно сделать следующие выводы:

1. Разработана, изготовлена и испытана энергосберегающая солнечная сушилка с рекуперативным теплообменником. В работе также приведены устройство и принцип работы рекуперативного теплообменника - утилизатора тепла.

2. Проведенные испытания в натуральных условиях показали, что за счет применения рекуперативного теплообменника, солнечной батареи и системы автоматического управления повышается эффективность по сравнению с традиционной гелиосушительной установкам.

3. В рециркуляционной гелиосушительной установке были проведены эксперименты по изучению кинетики сушки помидора. Сушеный помидор обладает темно-красным цветом, хорошими вкусовыми качествами и внешним видом, по всем показателям удовлетворяет требованиям ГОСТ а.

Список литературы.

1. Лакомов И. В., Помогаев Ю. М.. Принципы энергосберегающей технологии сушки. Вестник Воронежского государственного аграрного университета. - 2016. - № 1 (48). 70.

2. Гинзбург А.С. Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности. Москва, Агропромиздат, 1985.

3. Холмирзаев Н.С.. "Экспериментальное исследование топливно-солнечно-рекуперативного теплоснабжения при сушке хлопка-сырца". Гелиотехника, №1, 2007., стр. 34-40,

4. Рудобашта С.П. Теплотехника. М. Колос, 2010. - 600 с.
5. M. A. Hossain, B. M. A. Amer & K. Gottschalk, "Hybrid Solar Dryer for Quality Dried Tomato", Drying Technology, vol 26, pp 1591-1601, 2008.
6. Шаззо Р.И. Низкотемпературная сушка пищевых продуктов в кондиционированном воздухе. Монография. Москва, Колос, 1994. - 119 с.
7. Муштаев В.И. Сушка дисперсных материалов. - М. Химия. 1988г. 352с.
8. Гаряев А.. Применение утилизаторов теплоты и тепловых насосов для экономии энергии при сушке материалов. ВЕБ-Конференция, Первые Международные Лыковские научные чтения, посвящённые 105-летию академика А.В. Лыкова.
9. Холмирзаев Н.С., Ким В.Д., Хайриддинов Б.Э.. Тепловой баланс солнечного воздухонагревателя с куперативным утилизатором тепла. Гелиотехника №3, 2005
10. Назаров М.Р. и др. Компактная солнечная сушилка с активным вентилированием. Международная научно-практическая конференция "Солнечная энергетика" НПО "Физика -Солнца" Ташкент 2019 г. 20-22 декабря.

АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕЛИОСУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ С РЕКУПЕРАТИВНЫМ ТЕПЛООБМЕННИКОМ

Назарова Н.М.

Бухарский государственный университет

Среди гелиотехнических установок гелио сушилки занимают особое место. В последние десятилетия за рубежом и у нас в республике разрабатываются, более усовершенствованные гелио сушильные установки и их области применения расширяются. Поэтому исследования процесса гелио сушки и пути повышения энергетической эффективности гелиосушилок являются актуальным. В данной работе проводится анализ энергетические эффективности гелиосушильной установки. Также показано, что значение термический КПД рециркуляционной, гелиосушилки с рекуперативным теплообменником утилизатор теплоты на 8-10% больше, чем по сравнению с традиционным гелиосушилкам.

Введение. Одним из важнейших направлений экономии энергетических ресурсов при радиационно-конвективной сушке пищевых продуктов является использование теплоты отходящего из сушильных установок отработанного сушильного агента [4, 9].

Значительная часть современных конвективных сушильных установок характеризуется низкой энергетической эффективностью. Основная доля потерь теплоты в сушильных установках (до 70%) приходится на потери с отработанным сушильным агентом, а потому энергосберегающие мероприятия должны быть направлены на их снижение или полезное использование данной теплоты для технологических нужд[8].

Для повышения эффективности в тепловых, и в том числе в солнечных сушильных установках в процессе сушки используется режим рециркуляции. В данном режиме отработанный сушильный агент повторно возвращается в сушильную камеру. Использование рециркуляции ускорит интенсификацию процесса сушки и способствует улучшению качества продуктов [4].

Для интенсификации процесса сушки плодов и овощей и оценки энергетической эффективности гелиосушки авторами разработана и изготовлена рециркуляционная гелио сушильная установка с рекуперативным теплообменником утилизатор теплоты. Устройство и принципа работы данной энергосберегающей солнечной сушильной установки описано в работе [4,5].

Объекты и методы исследования. Цель настоящей работы является анализ энергетической эффективности рециркуляционной гелиосушильной установки с рекуперативным теплообменником. Одним из основных показателей определяющих

15.	Аширов Ш.А., Эркинов Х.Б.	ПРОБЛЕМЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ И ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	236
16.	Булин М.Н.	АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ВЫБОР ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ПЛОЩАДКИ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ	239
17.	Кулматов Х.Х.	ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ АЛЬТЕРНАТИВНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ	243
18.	Намазов Ф.А., Хайриддинов Б.Э., Нурматова Д.Ж., Нематов И.Л., Файзиев Т.А.	О ПРОЦЕССЕ РАССЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ПЛОСКОСТЕННОМ ТЕПЛОАККУМУЛЯТОРЕ ГЕЛИОТЕПЛИЦЫ- ПТИЧНИКА АНАЛИТИЧЕСКИМ И ЧИСЛЕННЫМ МЕТОДАМИ	248
19.	Юсупова Ф.Т.	^УЁШ ВА ГИДРО ЭНЕРГИЯЛАРИДАН БИРГАЛИҚДА САМАРАЛИ ФОЙДАЛАНИШ	253
20.	Зокиров С.И.	ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КРЕМНИЕВОГО ФОТОЭЛЕМЕНТА С ПОМОЩЬЮ СЕЛЕКТИВНОГО ФОТОТЕРМОГЕНЕРАТОРА	256
21.	Сытдыков О.Р.	О РАЗВИТИИ МАЛОЙ СОЛНЕЧНОЙ И ВЕТРОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ В УЗБЕКИСТАНЕ	259
22.	Хужакулов С.М., Узбеков МО., Мамедова Д.Н.	ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛООБМЕННОЙ СПОСОБНОСТИ АБСОРБЕРНЫХ УСТРОЙСТВ СОЛНЕЧНОГО ВОЗДУШНОГО КОЛЛЕКТОРА	263
23.	Узбеков М.А., Хужакулов С.М.	АНАЛИЗ НАУЧНЫХ РАБОТ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНОГО ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЬНОГО КОЛЛЕКТОРА ИНТЕНСИФИКАЦИЕЙ ТЕПЛООБМЕНА В ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЬНОМ КАНАЛЕ	265
24.	Назарова Н.М., Назаров М.Р., Умедов Ш.К.	РЕЦИРКУЛЯЦИОННАЯ ГЕЛИОСУШИЛКА С РЕКУПЕРАТИВНЫМ ТЕПЛООБМЕННИКОМ	270
25.	Назарова Н.М.	АНАЛИЗ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГЕЛИОСУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ С РЕКУПЕРАТИВНЫМ ТЕПЛООБМЕННИКОМ	274
26.	Хамраев Т.Я., Пардаев З.Э.	ЭФФЕКТИВНОСТЬ УСТРОЙСТВА ДЛЯ СОРТИРОВКИ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ.	278
27.	Любчик О. А.	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ И ОЦЕНКА ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АГРАРНОМ СЕКТОРЕ	281
28.	Файзиев Т.А., Хайриддинов А.Б., Сатторов Б.Н., Хайриддинов Б.Э.	ТУПРО^ ОСТИ ИССЦЛИК АККУМУЛЯТОРЛИ ^УЁШ ВА ГЕОТЕРМАЛ ЭНЕРГИЯДАН ФОЙДАЛАНИБ ИСИТИЛАДИГАН ИССЦХОНАНИНГ МАТЕМАТИК МОДЕЛИ	286
29.	Хамраев С.И.	КОМБИНАЦИЯЛАШГАН ^УЁШ ИСИТИШ ТИЗИМИНИНГ ИССЦЛИК-ТЕХНИК ПАРАМЕТРЛАРИНИ АСОСЛАШ	292