ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME - 9

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 9

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ СОЛНЕЧНЫХ СУХИЛОК

Р.С.Сафаров
Бухарский государственный университет

Annotatsiya. Ushbu maqolada qishloq xo‘jalik mahsulotlarini quyosh quritgichlari yordamida quritishning dolzarbligi, quyosh quritgichini ishlash prinsipi, shkafli va issiqxona turidagi quyosh quritgichlari bo‘yicha ilmiy-tadqiqot ishlarining tahlili, gibrid quyosh quritgichlari va konstruksiyalari bo‘yicha chet el olimlari tomonidan olib borilgan ilmiy izlanishlarning tahlillari keltirilgan.

Kalit so‘zlar: quyosh quritgichi, quyosh havo kollektori, havo, harorat, quyosh radiatsiyasi, issiqlik miqdori, issiqlik uzatish.

Аннотация. В данной статье рассматривается значение сушки сельскохозяйственной продукции с использованием солнечных сушилок, принцип работы солнечной сушилки, анализ научно-исследовательских работ по солнечным сушилкам кабинетного и тепличного типа, а также анализ научных исследований, проводимых зарубежными учеными по гибридным солнечным сушилкам и их конструкции.

Ключевые слова: солнечная сушка, солнечный воздушный коллектор, воздух, температура, солнечная радиация, теплоемкость, теплопередача.

Annotation. This article discusses the importance of drying agricultural products using solar dryers, the operating principle of a solar dryer, an analysis of research work on cabinet-type and greenhouse-type solar dryers, as well as an analysis of scientific research conducted by foreign scientists on hybrid solar dryers and their design.

Key words: solar drying, solar air collector, air, temperature, solar radiation, heat capacity, heat transfer.

ВВЕДЕНИЕ.

Традиционным методом длительного хранения сельскохозяйственной продукции является сушка на солнце — бесплатный и возобновляемый источник энергии. Однако для крупномасштабного производства этот метод имеет ряд существенных ограничений: урожай может быть повреждён животными и насекомыми, под воздействием прямых солнечных лучей качество продукции снижается, возможно повреждение росой и дождём, загрязнение пылью и посторонними частицами. Кроме того, данный способ является трудоёмким и требует много времени, а в ночное время и в дождливые дни необходимо укрывать продукцию. Из-за неравномерности процесса сушки существует высокая вероятность развития микроорганизмов. В результате совершенствования технологий сушки на солнце были разработаны закрытые сушильные системы с высокой внутренней температурой.

ISSN 3030-3907

В последние годы проводится большое количество научно-исследовательских работ по использованию солнечной энергии в процессах сушки и максимальному её использованию. Сушка сельскохозяйственной продукции с использованием солнечной энергии широко распространена в нашей стране и во многих регионах мира, особенно в районах с высокой интенсивностью солнечной радиации на протяжении большей части года. Основная причина заключается в том, что солнечные сушилки не требуют энергии в дневное время, а при необходимости сушки в вечернее время или в пасмурную погоду используется дополнительный источник энергии.

Высокотемпературные сушилки, применяемые в развитых странах, экономически эффективны только в крупных агропромышленных комплексах и нецелесообразны для предприятий малой и средней мощности. Поэтому разработка и внедрение недорогих солнечных сушилок в местное производство позволяет значительно сократить потери урожая в период уборки. Возможность производства высококачественной товарной продукции существенно улучшает экономическое положение фермеров. В развивающихся странах низкая рентабельность сельского хозяйства и высокие первоначальные инвестиции в солнечные сушилки препятствуют их широкому применению. Однако если солнечные сушилки изготавливаются из местных материалов — например, из дерева и стекла — они становятся экономически доступными.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. Основная задача солнечной сушилки — обеспечить более высокую температуру по сравнению с окружающей средой при требуемом уровне влажности. Солнечная сушилка повышает давление паров влаги внутри продукта и снижает относительную влажность сушильного воздуха, в результате чего содержание влаги в воздухе увеличивается. Воздух забирается из сушилки посредством естественной конвекции или с помощью вентилятора. Проходя через коллектор, воздух нагревается и, отдавая тепло материалу, частично охлаждается. Высушиваемый продукт нагревается как за счёт воздуха, так и за счёт солнечной энергии. Горячий воздух способен поглощать значительно больше влаги, чем холодный, поэтому количество удаляемой влаги зависит от температуры воздуха и его начальной относительной влажности. Начальная влажность и температура воздуха оказывают существенное влияние на его влагопоглощающую способность.В настоящее время наиболее распространёнными типами солнечных сушилок являются шкафные и тепличные.

Шкаф представляет собой большой деревянный или металлический ящик, в котором продукты размещаются на лотках или полках внутри

ISSN 3030-3907

корпуса. Если шкаф изготовлен из прозрачного материала, сушилка называется интегральной или прямой солнечной сушилкой. Если шкаф непрозрачный, сушилка называется распределённой или косвенной солнечной сушилкой. Смешанный тип сушилок объединяет в себе прямые и косвенные солнечные сушилки.

Солнечная лучистая энергия, непосредственно падающая на высушиваемый продукт, и горячий воздух обеспечивают необходимое тепло для процесса сушки. Во многих случаях воздух нагревается при прохождении через солнечный коллектор и по трубопроводу подаётся к продуктам, расположенным на лотках внутри сушилки. Образовавшийся влажный воздух удаляется через вентиляционное отверстие или вытяжку в верхней части шкафа. Для снижения тепловых потерь и увеличения срока службы шкаф должен быть хорошо теплоизолирован. Рекомендуется изготавливать корпус шкафа из металлического листа с применением влагозащитного покрытия. Горячий воздух подаётся до полного высыхания продукта на лотках. Поскольку горячий воздух сначала проходит через нижний лоток, он высыхает первым, а верхний лоток высыхает последним.(Рисунок 1. Шкафная солнечная сушилка)

Преимущества шкафных сушилок:

1) Простота конструкции
2) Низкие затраты на рабочую силу
3) Удобство загрузки и выгрузки продукции
4) Сохранение качества и внешнего вида продукта, так как он не подвергается прямому воздействию солнечных лучей
5) Возможность применения системы аккумуляции тепла

Недостатки:

1) Возможность пересушивания продукта на нижнем лотке
2) Относительно низкая топливная эффективность

На рисунке 1 показана типичная конструкция шкафной солнечной сушилки с естественной конвекцией. Хорошо видно расположение лотков внутри корпуса, вентиляционных отверстий в верхней части и входного отверстия для воздуха в нижней части конструкции.

Активные солнечные сушилки называют принудительно-конвективными или гибридными. В таких сушилках можно обеспечить оптимальный поток воздуха на протяжении всего процесса сушки, а также осуществлять контроль температуры и влажности в широком диапазоне независимо от климатических условий. Высота слоя загрузки ограничена в меньшей степени, и скорость воздушного потока также поддаётся

ISSN 3030-3907

регулированию. Таким образом, производительность и надёжность по сравнению с сушилками с естественной конвекцией значительно возрастают.

Многочисленные исследования показали, что хорошо спроектированные косвенные солнечные сушилки с принудительной конвекцией значительно эффективнее сушилок с естественной конвекцией. Применение принудительной конвекции сокращает время сушки в три раза и позволяет уменьшить необходимую площадь коллектора до 50%. Аналогичные сушилки с вентиляторами отличаются высокой производительностью и обеспечивают сокращение площади коллектора примерно в 6 раз. Вентиляторы могут питаться от электрической сети или от фотоэлектрических панелей. Практически все типы сушилок с естественной конвекцией могут работать и в режиме принудительной конвекции.

Рисунок 2. Активная шкафная солнечная сушилка с принудительной конвекцией



Рисунок 1. Солнечная сушилка со шкафом

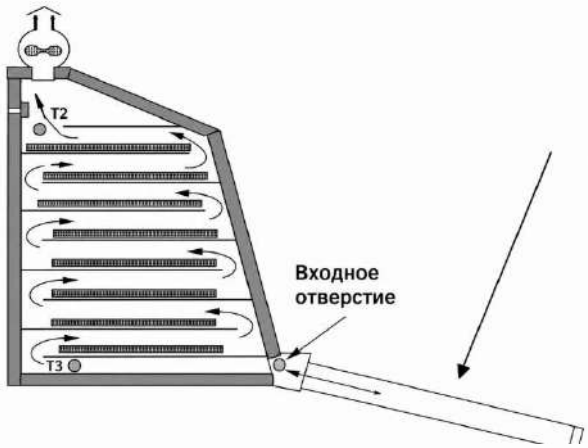


Рисунок 2. Активная шкафная солнечная сушилка

Известно, что в солнечных сушилках для нагрева воздуха используется солнечная энергия, поэтому сушилки работают только в солнечные дни. Для повышения эффективности были предложены тепличные солнечные сушилки, объединяющие в себе солнечный коллектор и тепличную систему. Стены и покрытие таких сушилок изготавливаются из прозрачных материалов — стекла, огнеупорного стекла, ультрафиолетостойкого пластика или поликарбонатных листов. Прозрачные материалы крепятся к опорным элементам или стальным рамам с помощью болтов, гаек и уплотнителей. Для увеличения поглощения солнечной радиации внутри конструкции создаются зачернённые поверхности. Для равномерного распределения сушильного воздуха нагнетающие и вытяжные вентиляторы

ISSN 3030-3907

устанавливаются в правильном положении. Хорошо спроектированные тепличные сушилки обеспечивают высокий уровень контроля процесса сушки и могут широко применяться при крупномасштабной сушке продукции.

Тивари и другие исследователи разработали тепличную сушилку с естественной конвекцией, состоящую из двух параллельных рядов сушильной площади. Решётчатая поверхность из оцинкованной металлической проволоки размещена на деревянных опорах. Неподвижное наклонное стеклянное покрытие над платформой передаёт солнечную радиацию на продукт. Сушилка ориентирована по оси север-юг для максимального поглощения солнечной радиации и имеет внутренние стенки с чёрным покрытием. Крышка из оцинкованного листа размещена над покрытием для обеспечения выхода воздуха. Жалюзи с внешней стороны платформы регулируют приток воздуха.

Упрощённая типовая конструкция тепличной солнечной сушилки с естественной циркуляцией состоит из прозрачной полуцилиндрической сушильной камеры и прикреплённой к ней цилиндрической воздушной трубы. Максимальная высота воздушной трубы над сушильной камерой составляет 3 м, диаметр — 1,64 м. Сушилка работает за счёт прямого воздействия солнечной энергии на продукты, находящиеся внутри. Чёрный абсорбер, подвешенный вертикально внутри воздушной трубы, поглощает солнечное излучение и нагревается, в результате чего нагревает окружающий воздух. При подъёме этого горячего воздуха через другой конец сушилки поступает свежий воздух.(Рисунок 3. Тепличная солнечная сушилка)

Преимущества тепличных сушилок:

- Низкая стоимость
- Простота в строительстве и эксплуатации
- Возможность использования при крупномасштабной сушке

Недостатки:

- При высокой скорости ветра существует вероятность повреждения продукции

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Фазово-переходный материал (ФПМ) — это вещество, обладающее высокой теплотой плавления и затвердевания (скрытой теплотой) при определённой температуре и способностью накапливать большое количество тепла и выделять его при изменении фазового состояния. Такие материалы существуют двух видов: явные (температура изменяется) и скрытые (температура остаётся постоянной).

ISSN 3030-3907

ФПМ изменяет фазу при постоянной температуре, накапливает большое количество тепла, а затем снова изменяет фазу и выделяет накопленное тепло, которое может быть использовано для нагрева или сушки. Наиболее широко применяются твёрдо-жидкие ФПМ. При переходе материала из твёрдого состояния в жидкое или обратно происходит передача тепла. Изначально твёрдо-жидкие ФПМ применялись только для хранения тепла, при этом наблюдалось повышение температуры при поглощении тепла. Современные ФПМ поглощают и выделяют тепло при постоянной температуре. Они способны накапливать в единице объёма в 5–14 раз больше энергии по сравнению с водой. Это делает их чрезвычайно перспективными для использования в солнечных сушилках, особенно для обеспечения непрерывной работы в ночное время или в пасмурную погоду.(Рисунок 4. Солнечная сушилка с фазово-переходным материалом (ФПМ)).

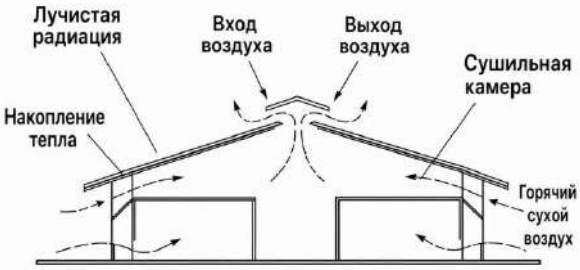


Рисунок 3.Тепличная солнечная сушилка

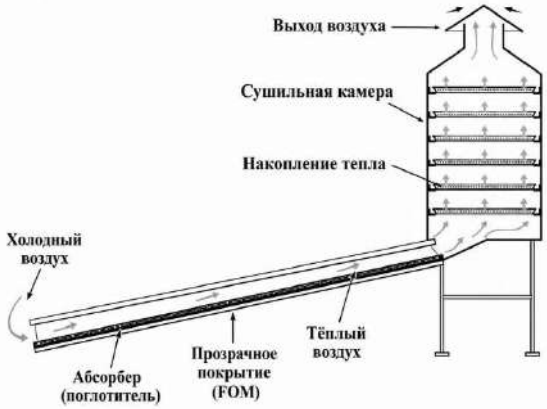


Рисунок 4. Солнечная сушилка из пенополистирола



Рисунок 5. Солнечная сушильная система с солнечным воздушным коллектором

Прасад и Сингх установили, что при средней солнечной радиации 700 Вт/м², площади коллектора 15 м² и скорости воздушного потока 15,1 м³/мин средняя температура воздуха на выходе достигает 50°C. Ими были проведены экспериментальные исследования эффективности системы при сушке чая и перца в солнечной сушилке. Горячий воздух из выходного

ISSN 3030-3907

отверстия коллектора подаётся в сушильную камеру. Для обеспечения непрерывной работы и эффективного контроля температуры использовался дополнительный источник тепла мощностью 10 кВт.

Начальная влажность свежих чайных листьев составляла 87%, и её требовалось снизить до 54%. При падении температуры в сушильной камере ниже 50°C включался вспомогательный нагреватель. Скорость воздушного потока составляла 15,1 м³/мин. Начальная масса чая составляла 10,03 кг, конечная масса — 2,86 кг.

Рисунок 5. Солнечная сушильная система с солнечным воздушным коллектором.

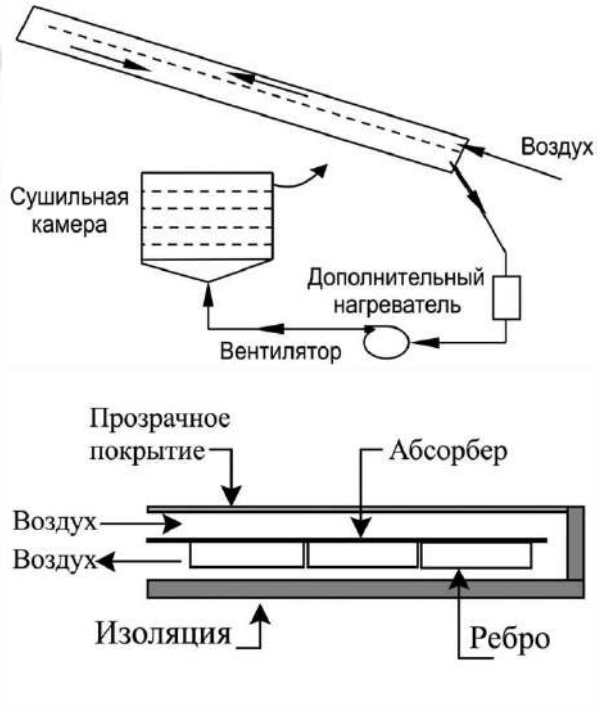


Рисунок 6. Ребристый двухходовой коллектор

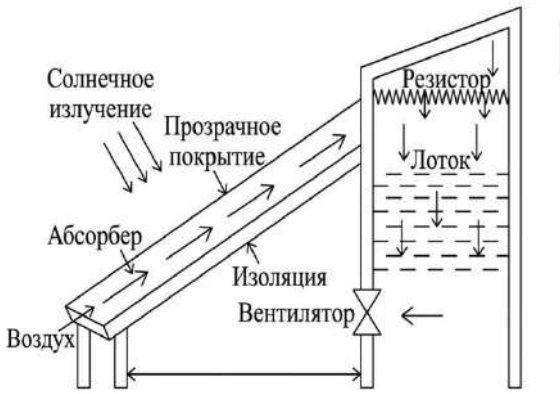


Рисунок 7. Солнечная сушильная система с непрямым нагревом

В двухходовом солнечном воздушном коллекторе воздух сначала проходит через чёрную абсорбирующую пластину, затем через систему рёбер, увеличивающих поверхность теплопередачи, в результате чего температура воздуха значительно возрастает.

Сопиан и другие исследователи разработали сушильную систему ёмкостью 300 кг. Основные компоненты системы включают массив солнечных коллекторов, вспомогательный нагреватель, вентилятор и сушильную камеру. Размеры камеры: длина 4,8 м, ширина 1 м, высота 0,6 м. Четыре коллектора установлены последовательно. Площадь коллектора составляет 11,52 м², массовый расход воздуха — 0,05–0,12 кг/с, средняя температура сушки — от 50 до 65°C. Система используется для сушки морских водорослей. В условиях сушки на открытом воздухе обычно

ISSN 3030-3907

требуется 10–14 дней. Начальная и конечная влажность морских водорослей составляет 90% и 10% соответственно. При средней солнечной радиации 544 Вт/м² и скорости воздушного потока 0,06 кг/с время сушки составило 14 часов. Для материала массой 40 кг КПД коллектора и сушильной системы составил 37% и 27% соответственно (Рисунок 6а и 6б. Двухходовой коллектор с рёбрами теплообмена).

В гибридных солнечных сушилках помимо солнечного коллектора имеется дополнительный источник нагрева воздуха, что значительно повышает общую температуру сушильного воздуха. Такая сушильная система работает непрерывно и может функционировать даже при отсутствии солнечного излучения — ночью и в пасмурную погоду. Это является ключевым преимуществом гибридных систем перед чисто солнечными.Мирзаи и другие исследователи провели анализ непрерывной активной гибридной солнечно-электрической сушилки. Данная гибридная сушилка состоит из солнечного коллектора, сушильной камеры, вентилятора, резистивного нагревателя мощностью 3,75 кВт и терморегулятора.

Площадь солнечного воздушного коллектора составляет 2,45 м², угол установки — 31°. Толщина абсорбера — 2 мм, толщина прозрачного покрытия — 5 мм, внешняя сторона теплоизолирована полистиролом. Воздух проходит между стеклом и абсорбером. Солнечный коллектор непосредственно подключён к сушильной камере.

Размеры сушильной камеры составляют 1,65×0,60×1,0 м, внутри размещены шесть лотков площадью 0,4 м² каждый. Корпус лотка изготовлен из дерева, средняя часть покрыта проволочной сеткой. Дверь сушильной камеры герметично закрывается для минимизации тепловых потерь. Для регулирования температуры воздуха в процессе сушки установлен вспомогательный нагреватель. Первоначальный нагрев воздуха осуществляется за счёт солнечной радиации. Если температура ниже требуемой, воздух дополнительно нагревается с помощью электрического сопротивления, после чего вытяжным вентилятором прогоняется вокруг продукта. Диаметр вытяжного вентилятора — 20 см, управление расходом воздуха осуществляется вручную с помощью клапана. Для равномерного распределения воздуха и полного контроля влажности продукта вентилятор размещён под лотком.(Рисунок 7. Косвенная гибридная солнечно-электрическая сушильная система)

ВЫВОД.

Одной из наиболее перспективных областей применения солнечной энергии является сушка сельскохозяйственной продукции. В развитых странах потери при сушке фруктов и овощей составляют 30–40% от объёма

ISSN 3030-3907

производства. Среди рассмотренных типов солнечных сушилок шкафные солнечные сушилки показывают превосходство по скорости и качеству сушки. Для сушки больших объёмов сельскохозяйственной продукции использование тепличных солнечных сушилок позволяет повысить эффективность сушильной системы.Из проведённого анализа следует, что выбор высокоэффективных солнечных сушилок зависит от вида высушиваемой сельскохозяйственной продукции, климатических условий и конструкции установки.Следует также отметить, что современные тенденции в области солнечных сушилок направлены на интеграцию возобновляемых источников энергии — в частности, фотоэлектрических панелей — с традиционными солнечными коллекторами, что позволяет создавать полностью автономные и экологически чистые системы сушки. Применение интеллектуальных систем управления и мониторинга на основе датчиков температуры, влажности и скорости воздуха открывает возможности для автоматизации процесса и достижения стабильно высокого качества готовой продукции. Использование фазово-переходных материалов в конструкции солнечных сушилок является особенно перспективным направлением, так как позволяет существенно сгладить нестабильность солнечной радиации и обеспечить практически круглосуточную работу сушильных систем без использования ископаемого топлива.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. A. Tiwari. A Review on Solar Drying of Agricultural Produce. J Food Process Technol. V.7, I.9, 10006232016, 2016.
2. A. Tiwari. A Review on Solar Drying of Agricultural Produce. J. Food Process Technol. 2016, 7, 1000623.
3. H. El Hage, A. Herez, M. Ramadan, H. Bazzi, M. Khaled. An investigation on solar drying: A review with economic and environmental assessment. Energy, 157, 2018. – p. 815–829.
4. N.M. Ortiz-Rodriguez, M. Condor, G. Duran, O. Garcia-Valladares. Solar drying Technologies: A review and future research directions with a focus on agro-industrial applications in medium and large scale. Appl. Therm. Eng. 2022, 215, 118993.
5. Y. Li, H.F. Li, Y.Y. Dai, S.F. Gao, L. Wei et al. Experimental investigation on a solar assisted heat pump in-store drying system. Appl Therma Eng 31, 2011. – p. 1718-1724.
6. M.I. Ismail, N.A. Yunus, H. Hashim, H. Integration of solar heating systems for low-temperature heat demand in food processing industry-A review. Renew. Sustain. Energy Rev. 2021, 147, 111192.

ISSN 3030-3907

7. P. Singh Chauhan, A. Kumar, P. Tekasakul. Applications of software in solar drying systems: A review. Renew. Sustain. Energy Rev., 51, 2015. – p. 1326-1337.
8. H. Essalhi, M. Benchrifa, R. Tadili, M.N. Bargach. Experimental and theoretical analysis of drying grapes under an indirect solar dryer and in open sun. Innov. Food Sci. Emerg. Technol., 49, 2018. – p. 58-64.
9. A. Kumar, K.U. Singh, M.K. Singh, A.K.S. Kushwaha, A. Kumar, S. Mahato. Retracted: Design and Fabrication of Solar Dryer System for Food Preservation of Vegetables or Fruit. J. Food Qual. 2023, 9760148.
10. S. Tiwari, G.N. Tiwari, I.M. Al-Helal. Development and recent trends in greenhouse dryer: A review. Renew. Sustain. Energy Rev., 65, 2016. – p. 1048-1064.
11. M. Sharma, D. Atheaya, A. Kumar, A. Recent advancements of PCM based indirect type solar drying systems: A state of art. Mater. Today Proc., 47, 2021. – p. 5852-5855.
12. A.K. Prasad, M.L. Singh. Design and analysis of different types of solar collector for solar air dryer: A review. In Proceedings of the 2022 1st IEEE International Conference on Industrial Electronics: Developments & Applications (ICIDeA), Bhubaneswar, India, 15–16 October 2022. – p. 169-174.
13. K. Sopian, M.A. Alghoul, E.M. Alfegi, M.Y. Sulaiman, E.A. Musa EA. Evaluation of thermal efficiency of double pass solar collector with porous-nonporous media. Renew Energy 34, 2009. – p. 640-645.
14. S. Mirzaei, M. Ameri, H. Mortezapour. Comparative energy-exergy and economic-environmental analyses of recently advanced solar photovoltaic and photovoltaic thermal hybrid dryers: A review. Dry. Technol., 41, 2022. – p. 655-706.

ISSN 3030-3907