

**ОШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ
И ЭКОНОМИКИ ПРИ ГОСУДАРСТВЕННОМ КОМИТЕТЕ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ ЭНЕРГЕТИКИ И НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

Диссертационный совет Д 05. 17. 541

На правах рукописи
УДК 662.997.534

ТАШИЕВ НУРГАЗЫ МАМАЗАКИРОВИЧ

**ПОЛУЧЕНИЕ ПОРОШКОВ СЕЛЬХОЗПРОДУКТОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ**

Специальность 05.14.08 – Энергоустановки на основе возобновляемых
видов энергии

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Бишкек – 2018

Работа выполнена на кафедре «Электрооборудование и тепловая энергетика» Ошского технологического университета им.М.М. Адышева и на кафедре «Компьютерные технологии и энергетика» Кыргызско-Узбекского университета

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор

Исманжанов Анвар Исманжанович

профессор кафедры КТиЭ К-УУ

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор

Клычев Шавкат Исакович

директор НТЦКБОП АН РУз

кандидат технических наук, доцент

Бердыбаева Макен Толобаевна

доцент кафедры ИСиОЗ КРСУ им.Б.Н.Ельцина

Ведущая организация:

Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова

720044, г. Бишкек, пр. Мира, 66

Защита состоится «14» декабря 2018 г. в 15:00 часов на заседании Диссертационного совета Д 05.17.541 при Ошском государственном университете и Научно – исследовательском институте энергетики и экономики при ГКПЭН КР по адресу: 720055, г. Бишкек, ул. Ахунбаева, 119.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеках Ошского государственного университета, 723500, г. Ош, ул. Ленина, 331 и Научно – исследовательского института энергетики и экономики при ГКПЭН КР, www.niiee.kg. 720055, г. Бишкек, ул. Ахунбаева, 119.

Автореферат разослан «12» ноября 2018 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета,

кандидат технических наук

Акпаралиев Р. А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Ежегодные потери урожая овощей на стадии заготовки и хранения в странах СНГ составляют 5-25%, фруктов – 5-18%. Это приводит не только к потере фактического урожая, но и оказывает влияние на окружающую среду, на трудовые, природные и энергетические ресурсы в производстве сельскохозяйственных культур.

В среднем фрукты и овощи содержат до 90% воды, 9,5% различных органических соединений и 0,5% минеральных веществ. Высокое содержание воды приводит к тому, что фрукты и овощи легко поражаются фитопатогенными микроорганизмами, и хранение их после сбора урожая является сложной задачей.

Одним из способов уменьшения потерь и длительного хранения плодов и овощей является их сушка. Как правило, высушенные в целом виде или большими частями сельхозпродукты (СХП) содержат 15-18% остаточной влаги. Такое влагосодержание, строго говоря, также не позволяет длительно хранить продукты. Через некоторое время они начинают плеснеть, поражаются микроорганизмами.

Одним из путей длительного хранения СХП является переработка его в порошковидное состояние. В таком состоянии продукты содержат меньше влаги (до 3-8%) и при герметичной упаковке хранятся годами.

Переработка СХП в порошковидное состояние одновременно решает несколько проблем: снижение потерь урожая, решение проблемы с хранением (не нужно строить дорогостоящие хранилища и поддерживать в них микроклимат с помощью специального оборудования), существенно (в 8-9 раз) уменьшить транспортные расходы, отпадает необходимость охлаждать продукты во время транспортировки и т.д.

Ежегодно в Кыргызстане производится несколько миллионов тонн фруктовой, плодовой и бахчевой СХП. По данным ученых, в условиях Кыргызстана, где отсутствует промышленные хранилища, доля теряемой продукции отдельных видов СХП достигает до 30%.

В Постановлении Правительства Кыргызской Республики (КР) №191 от 30-марта 2017 г. «Программа КР о развитии продовольственной и перерабатывающей промышленности на 2017-2021 гг.» в целях обеспечения населения качественными продуктами предусмотрены мероприятия по увеличению объемов СХП и обеспечению продовольственной безопасности страны.

По данным Министерства сельского, водного хозяйства и перерабатывающей промышленности, в стране на 1 января 2018 г. в КР зарегистрировано более 290 малых и средних предприятий, так или иначе перерабатывающих сельхозпродукцию. Однако, ни в одной из них не производятся порошки СХП.

Производство порошков СХП – одна из путей решения задачи и развития регионов, в том числе частных фермеров.

Сушка является самым энергоемким из всех технологических процессов в пищевой промышленности. Для испарения 1 кг воды из продуктов потребуется 2480 кДж энергии. Доля энергозатрат (уголь, природный газ и др.) в тепловых сушилках составляет до 60% стоимости готовой порошковой продукции.

Значительный вклад в теорию и практику сушки внесли такие ученые, как А.С. Гинзбург, П.Д. Лебедев, А.В. Лыков, Г.Г. Умаров Б.С. Сажин, Ш.И. Клычев, О. Кришер и др.

В то же время Кыргызстан обладает огромными ресурсами одного из возобновляемых источников энергии – солнечной. Число дней с солнечным сиянием доходит до 250-260, а плотность интегральной солнечной радиации в летние месяцы доходит до 900 Вт/м² и более.

Себестоимость порошковой продукции, полученной на солнечной установке будет в разы ниже стоимости продукции, полученной традиционным (тепловой сушкой, использованием органического топлива или электрической энергии) методом, поскольку для сушки используется экологически чистая, бесплатная солнечная энергия.

В результате разработки технической схемы получения порошков СХП с помощью солнечной энергии и ее внедрения в производство КР будет иметь возможность существенно уменьшить потери урожая сельхоз-культур, переработать сельхозпродукцию в долгохранящийся вид - порошок. Достигается большая экономия финансовых средств и материальных ресурсов при хранении и транспортировке продукции. Кыргызстан может стать крупным экспортером порошковидной сельхозпродукции. При производстве порошков СХП в промышленном масштабе будут созданы дополнительные рабочие места.

В свете изложенного, тема диссертационной работы, направленная на разработку технической схемы солнечной сушки жидковязких сельхозпродуктов с последующим получением их порошков является актуальной.

Связь темы с научно-техническими программами. Работа выполнялась в рамках госбюджетных научно-исследовательских тем Кыргызско-Узбекского университета по договорам с Департаментом науки Министерства образования и науки КР «Разработка и исследование автономных энергетических систем на основе возобновляемых видов энергии» (Договор № ЕТН - 07/11 от 2010 г.), «Разработка и исследование высокоэффективных энергетических установок на основе возобновляемых источников энергии и энергосберегающих технологий» (Договор № УН-26/12 от 28.03. 2012 г.), «Разработка технологии получения порошков сельхозпродуктов с помощью солнечной энергии» (Договор № ДН-99 от 02.01.2017 г.).

Цель и задачи исследований. Целью исследований является разработка новых технических схем и установок для получения порошков сельхозпродуктов, основанных на использовании солнечной энергии как альтернатива расходу ископаемых видов топлива и электроэнергии.

Для достижения цели в работе решены следующие задачи:

- разработка новых технических схем и эффективного использования солнечной энергии при сушке сельхозпродуктов для получения их порошков;
- разработка солнечных сушильных установок, позволяющих с наибольшей эффективностью использовать солнечную энергию при сушке жидковязких сельхозпродуктов;
- исследование закономерностей кинетики процесса сушки жидковязких сельхозпродуктов в разработанных солнечных сушильных установках в зависимости от параметров солнечной радиации, вида и физических характеристик исходного продукта;
- исследование технико-экономических аспектов использования разработанных солнечных сушильных установок и технических схем получения порошков сельхозпродуктов с помощью солнечной энергии.

Научная новизна полученных результатов состоит в следующем:

- впервые разработана новая техническая схема сушки жидковязких сельхозпродуктов до низкой остаточной влажности с помощью солнечной энергии, позволяющая получать их порошки с механическим измельчением;
- разработана солнечная сушильная установка с эффективным использованием солнечной энергии для сушки жидковязких сельхозпродуктов, новизна технического решения которой подтверждена Патентом КР № 1689;
- выявлены закономерности процесса сушки жидковязких сельхозпродуктов в солнечных сушильных установках в зависимости от параметров солнечной радиации, окружающей среды, вида и физических характеристик самих сельхозпродуктов;
- научно обоснована экономическая и экологическая целесообразность разработанных солнечных установок и технической схемы получения порошков сельхозпродуктов с помощью солнечной энергии.

Практическая значимость полученных результатов заключается в том, что:

- данные по исследованию влияния актинометрических и других факторов на кинетику процесса сушки жидковязких сельхозпродуктов позволяют выбрать наиболее оптимальные параметры процесса их сушки в зависимости от их вида и физических характеристик;
- разработанные солнечные установки позволяют высушить сельхозпродукты в жидковязком состоянии до необходимой низкой остаточной влажности, позволяющая непосредственно получать их порошки;

- разработанная техническая схема при внедрении в производство позволяет в промышленном масштабе производить порошки фруктовых, ягодных, овощных и бахчевых сельхозкультур;
- разработанная техническая схема и установки сушки позволяют экономить огромные топливно-энергетические ресурсы, уменьшить тем самым эмиссию двуокиси углерода и других парниковых газов в атмосферу, улучшить экологическую ситуацию;
- разработанная техническая схема и установки сушки позволяют снизить потери урожая, расходы на их хранение, а также транспортные расходы при их перевозке почти в 8-9 раз;
- внедрение разработанной технической схемы в производство позволяет создавать новые рабочие места, поднять экономику регионов;
- практическая значимость полученных результатов подтверждены соответствующими справками.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту

- научно обоснованная техническая схема сушки жидковязких сельхозпродуктов до низкой остаточной влажности с помощью солнечной энергии, позволяющая получать их порошки их механическим измельчением;
- разработанная солнечная сушильная установка с эффективным использованием солнечной энергии для сушки жидковязких сельхозпродуктов, новизна технического решения которой подтверждена Патентом КР № 1689.
- выявленные закономерности процесса сушки жидковязких сельхозпродуктов в разработанных солнечных сушильных установках в зависимости от параметров солнечной радиации, окружающей среды, вида и физических характеристик самих сельхозпродуктов;
- выявленные закономерности зависимости технико-экономических показателей и экологической целесообразности разработанной технической схемы и солнечных сушильных установок для получения порошков сельхозпродуктов с помощью солнечной энергии от структуры затрат, параметров солнечной радиации и высушиваемых продуктов.

Личный вклад соискателя в получении научных результатов. Автор является основным исполнителем работ по разработке технической схемы сушки жидковязких сельхозпродуктов с помощью солнечной энергии и получения порошков, включая постановку задачи, результаты которых представлены в диссертационной работе.

Основные результаты диссертационной работы получены лично автором под руководством научного руководителя.

Апробации результатов диссертации. Основные положения диссертации, а также ее отдельные части докладывались на Международной научно-практической конференции «Вызовы современного мира» (Новосибирск, 2013), на Республиканской конференции, посвящённой 100-

летию академика С.А. Азимова (Ташкент, 2014), на Международной конференции «Crop Improvement» (Куала-Лумпур, Малайзия 2015), на Международной конференции «Возобновляемые источники энергии: технологии и установки» (Ташкент, 2016), на Международной научной конференции «История и культура народа Кыргызстана: наследие и современность» (Ош, 2016), на IV- Международной научно – практической конференции «Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехнологий и автоматики в АПК» (Бережани, Украина, 2016).

Работа в полном объеме доложена на Научно-технических советах Ошского технологического университета им. М.М. Адышева и Кыргызско-Узбекского университета.

Полнота отражения результатов диссертации в публикациях. По теме диссертации опубликовано 10 основных печатных работ, в том числе 8 статей в международных научных журналах «Applied Solar Energy» (США), входящих в систему SCOPUS, «Вестник КРСУ», «Наука, Образование, Техника», «Известия ОшТУ», а также в журналах Российской Федерации и Украины, входящих в систему РИНЦ.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 4 глав, выводов и заключений, списка использованной литературы и приложения. Содержит 164 страницы текста компьютерного набора, 60 рисунков, 4 таблиц и библиографию из 185 наименований.

В приложении приведены справки о внедрении результатов диссертационной работы, сметы расходов на изготовление солнечных сушильных установок, а также приведены фотографии полученных порошков СХП.

В первой главе (Технологии сушки материалов и изделий. Технологии солнечной сушки сельхозпродуктов. Технологии получения порошков сельхозпродуктов: состояние вопроса и задачи исследований) анализированы теоретические и экспериментальные работы в области сушки материалов, методы и установки солнечной сушки продуктов а также методы и установки для получения порошков сельхозпродуктов.

Исходя из результатов анализа определены цель и задачи исследований.

Во второй главе (Разработка технических схем и установок для сушки жидковязких сельхозпродуктов и получения их порошков с помощью солнечной энергии) разработана техническая схема получения порошков СХП, при котором сушка осуществляется с помощью экологически чистой и бесплатной солнечной энергии. Обязательным и важным этапом, во многом определяющим эффективность такой схемы является преобразование лучистой энергии солнечной радиации в тепловую энергию и подвод ее к высушиваемому СХП.

Предлагаемая нами техническая схема получения порошков СХП с помощью солнечной энергии должна состоять из следующих основных этапов (операций), показанных на рис. 1.

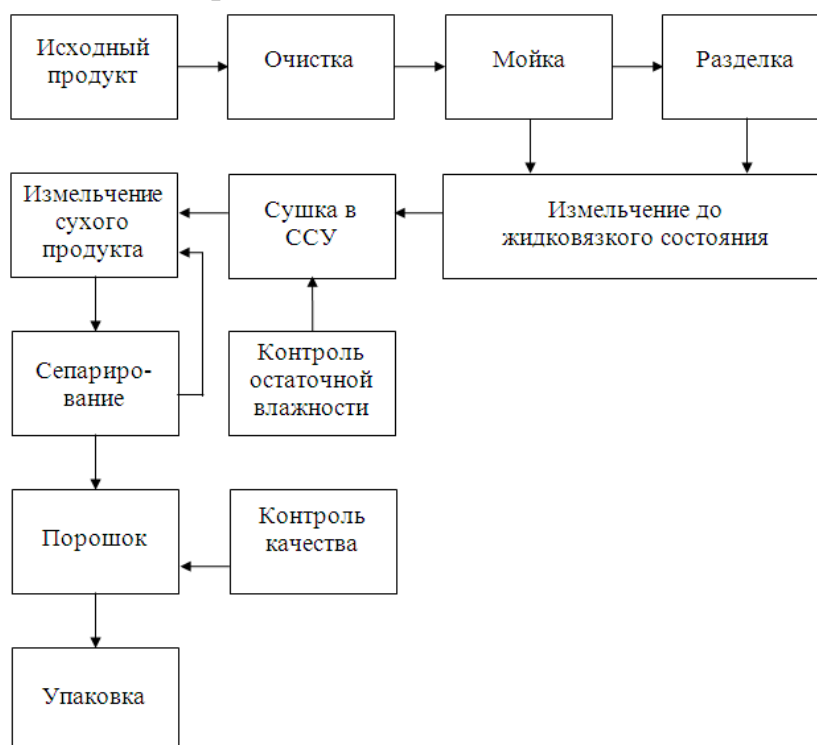


Рис. 1. Блок-схема технического решения получения порошков сельхозпродуктов с помощью солнечной энергии

Продукты превращаются в жидковязкое состояние и раскладываются в поддоны, которые размещаются в камере сушки (КС) солнечной сушильной установки радиационно-конвективного типа (РКССУ) и начинается процесс их сушки. После достижения необходимой степени сушки (остаточной влажности, не превышающей 3-8%) они вынимаются из КС.

При этом теплота к высушиваемым продуктам подводилась тремя способами (рис. 2.): 1-радиационным путем (непосредственно солнечной радиацией) и конвекцией; 2-инфракрасным нагревом и конвекцией; 3-контактным подводом теплоты и конвекцией.



Рис. 2. Схема подвода теплоты к высушиваемым продуктам в радиационно-конвективной солнечной сушильной установке

Для реализации этапа сушки жидковязких СХП нами разработаны два типа РКССУ: одна с одноходовым движением теплоносителя в (КС) и вторая - с двухходовым движением теплоносителя, схемы которых приведены на рис. 3.

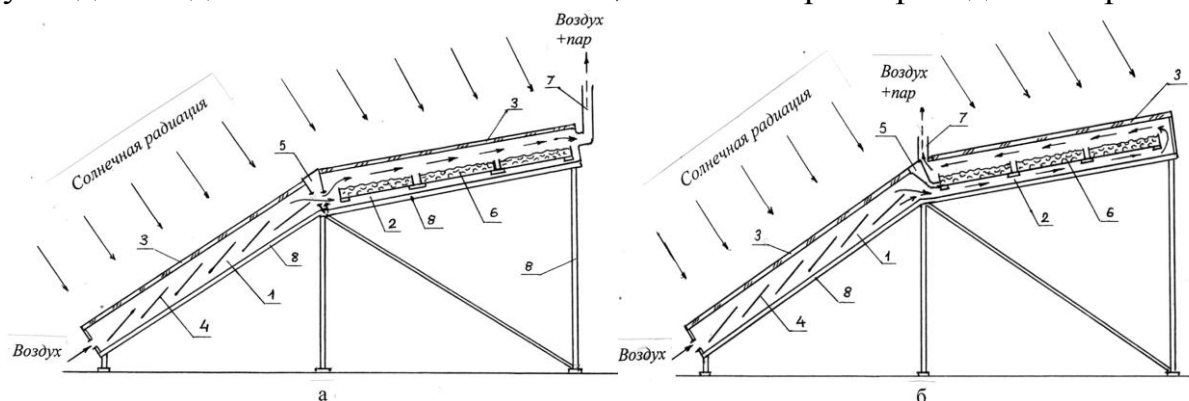


Рис. 3. Схемы разработанных радиационно-конвективных солнечных сушильных установок для сушки жидковязких сельхозпродуктов: а) ССУ с одноходовым движением теплоносителя, б) ССУ с двухходовым движением теплоносителя.

1-солнечный воздушнонагревательный коллектор, 2-камера сушки, 3-стеклянное покрытие, 4-лучепоглощающие металлические зачерненные пластины СВК, 5-переходной блок, 6-поддоны с высушиваемыми продуктами, 7-вытяжная труба, 8-несущий металлический каркас.

В ССУ с одноходовым движением теплоносителя, последняя один раз проходит одновременно с верхней и нижней стороны поддонов с СХП.

В ССУ с двухходовым движением теплоносителя, последняя сначала проходит с нижней стороны поддонов, а затем, повернувшись в конце КС, проходит над высушиваемыми продуктами.

Внешние виды изготовленных нами ССУ приведены на рис. 4.



Рис. 4. Внешние виды ССУ с одноходовым (слева) и двухходовым движением теплоносителя

Для сушки жидковязкие продукты клались в специальные поддоны из пищевой стали размерами 350x375 мм и высотой бортиков 20 ±1 мм. В КС обеих типов ССУ одновременно располагаются по 6 поддонов.

Новизна технического решения разработанных ССУ состоит в том, что они позволяют высушить жидковязкие СХП до низкой (3-8%) остаточной влажности даже при низких значениях солнечной радиации благодаря использованию контактирующих с продуктами нагревательных элементов.

Изменение влажности продуктов определялось весовым методом.

Эксперименты по сушке жидковязких СХП проводились в ССУ с одноходовым и двухходовым движением теплоносителя и одновременно (для сравнения) – на открытом воздухе, в следующих вариациях (рис. 5):

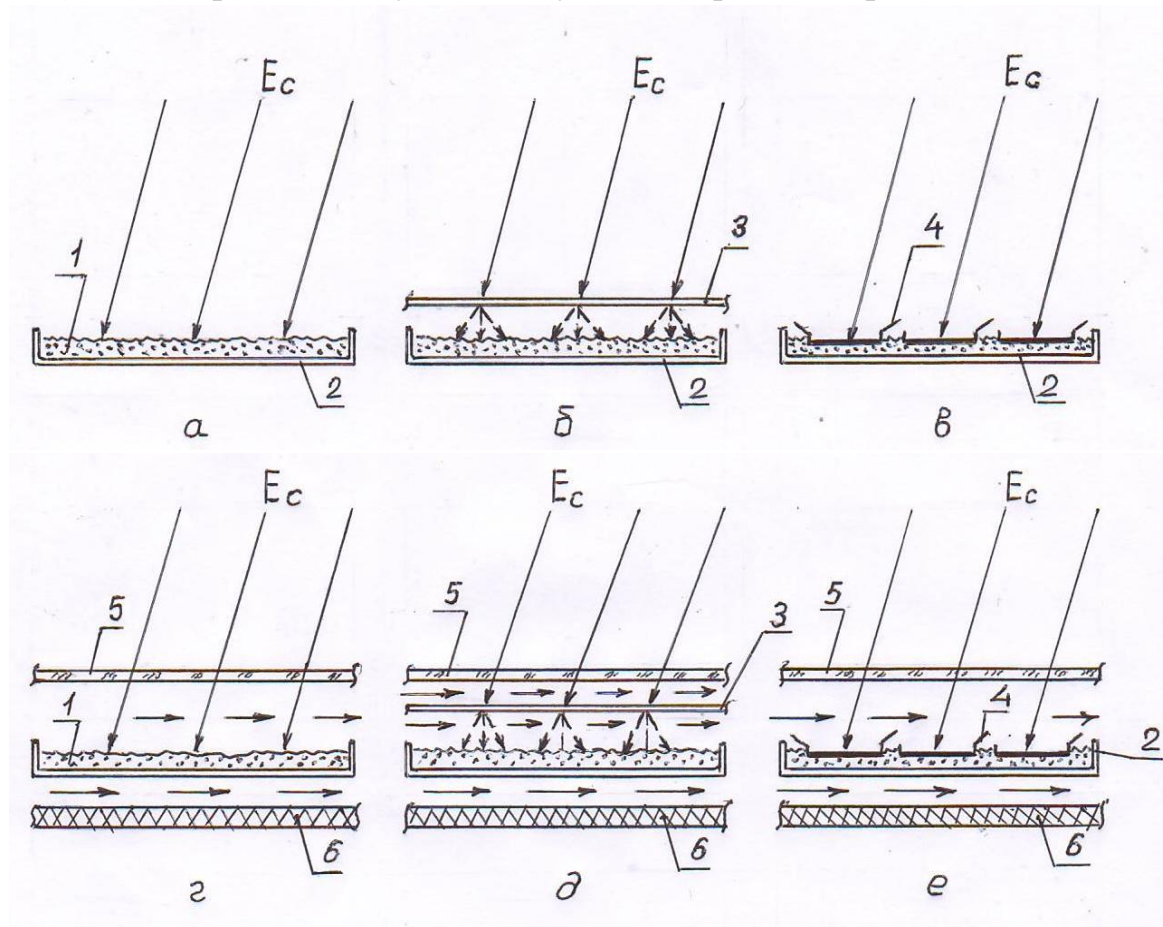


Рис. 5. Схемы экспериментов по сушке жидковязких СХП в ССУ с одноходовым и двухходовым движением теплоносителя и на открытом воздухе

а - под непосредственным нагревом от солнечной радиации;

б - под инфракрасными нагревательными элементами (ИКНЭ), нагревающимися от солнечной радиации (без прямого воздействия солнечной радиации на продукты), расположенными над продуктами на высоте 35 мм;

в - контактной сушкой - с нагревательными элементами, также нагревающимися непосредственно от поглощения солнечной радиации (КНЭ).

И в РКССУ:

г - под непосредственным нагревом от солнечной радиации, проникающей через стеклянное ограждение КС;

д-под инфракрасными нагревательными элементами (ИKNЭ);

е - контактной сушкой - с помощью КНЭ.

В данном случае в отличие от классического варианта контактного метода сушки, теплота подводится к продуктам сверху.

Такая вариация экспериментов позволяет оценить эффективность разных способов подвода теплоты к высушиваемому продукту и выбрать наиболее оптимальный из них.

Плоские инфракрасные нагревательные элементы (ИKNЭ) изготавливались из кровельной жести толщиной 0,5 мм, имели размеры 370 x 340 мм и с обеих сторон покрывались печным лаком (рис. 6).



Рис.6. Внешние виды инфракрасных нагревательных элементов КНЭ изготовлены и испытаны нами двух геометрических форм: цилиндрической и плоской (рис. 7).

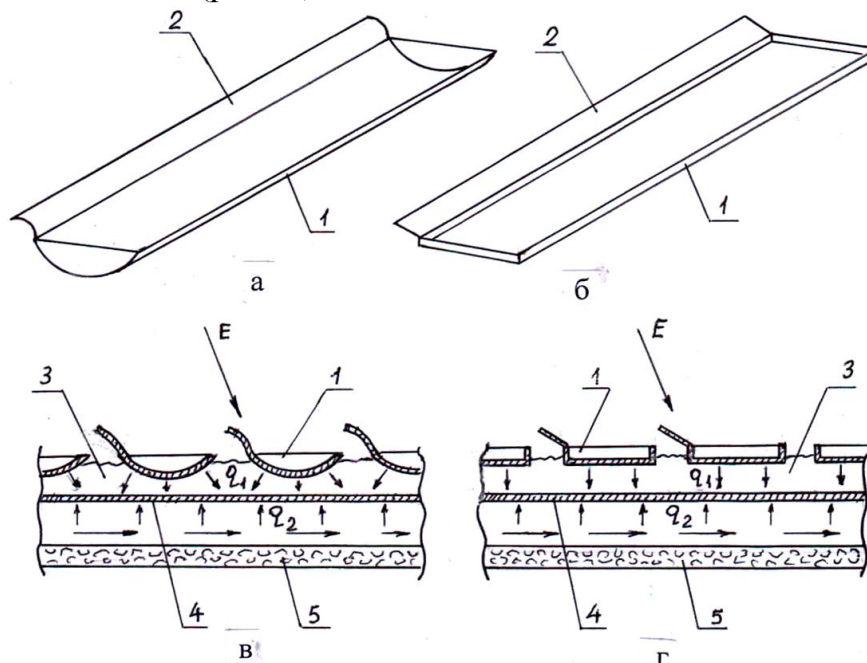


Рис. 7. Схемы КНЭ цилиндрического (а) и плоского (б) типов и их расположение на поверхности жидковязких продуктов:

1 – нагревательный элемент, 2 – отросток, 3 – высушиваемый продукт, 4 – поддон, 5 – теплоизолированное дно камеры сушки.

На рис. 8 показаны сами нагревательные элементы с установленными на них термопарами, а на рис. 9 – их расположение на высушиваемых продуктах.

Цилиндрическая форма КНЭ, имеет одинаковую с плоским КНЭ апертуру. В тоже время площадь теплообмена с продуктом у него на 23% больше, чем у плоского КНЭ.



Рис. 8. КНЭ с прикрепленными к ним термопарами



Рис. 9. Расположение плоских КНЭ на высушиваемых жидковязких продуктах

Температура нагревательных элементов в июне месяце достигает на открытом воздухе до 70-72°C и 48-50°C в октябре месяце. В камере сушки ССУ эти температуры равны 82-84°C в июне месяце и 56-58°C в октябре месяце.

В третьей главе (*Экспериментальное исследование сушки жидковязких сельхозпродуктов в солнечных сушильных установках*) приведены результаты сушки следующих, 25 видов жидковязких СХП на открытом воздухе и в РКССУ, представляющих наибольший практический интерес в использования их в порошковом виде:

1. Фрукты: яблоко, груша, вишня, черешня, виноград белый, виноград черный, слива, груша, айва;

2. Ягоды, бахчевые: клубника, малина, дыня и арбуз;

3. Овощи: томаты, морковь желтая, морковь красная, капуста, картофель, перец болгарский зеленый и красный, тыква, редька (турп), свекла красная, чеснок и лук.

Оцениваемым параметром при сушке СХП является среднее по объему влагосодержание.

Количество испаренной влаги (кг) определялась по разности начальных (до начала процесса сушки) масс m_0 и текущей массы продуктам; в момент времени t_i :

$$W = m_0 - m_i; \quad (1)$$

Текущая влажность продукта u (в процентах) в различные периоды сушки определялась как

$$u = [(m_0 - m_i)/m_0] \cdot 100\% \quad (2)$$

Начальная масса продукта равна сумме масс сухого вещества и содержащейся в продукте влаги:

$$m_o = m_c + w, \quad (3)$$

Тогда

$$u = [(m_c + w - m_i)/(m_c + w)] \cdot 100\%. \quad (4)$$

На рис. 10 показано размещение поддонов с продуктами (томаты) в камере сушки ССУ с двухходовым движением теплоносителя.



Рис. 10. Размещение поддонов с продуктами (томаты) в камере сушки РКССУ с двухходовым движением теплоносителя

Скорости сушки СХП в случае двухходового движения теплоносителя в целом на 15 - 25% меньше скорости сушки в КС с одноходовым движением теплоносителя.

Это является результатом большего (практически в 2 раза) аэродинамического сопротивления каналов КС с двухходовым движением теплоносителя, чем в КС с одноходовым движением.

Исходя из результатов этих экспериментов, дальнейшие исследования сушки жидковязких СХП производилась в РКССУ с одноходовым (прямоточным) движением теплоносителя.

Исследована кинетика сушки жидковязких сельхозпродуктов в РКССУ и на открытом воздухе. На рис. 11, для примера приведены результаты сушки яблок в июле месяце.

Формы кривых сушки для различных СХП практически не отличаются друг от друга. Они различаются наклоном квази прямолинейных участков по отношению к оси абсцисс. Наклон кривых сушки для продуктов, содержащих кожуры, несколько меньше. Наклон квази прямолинейного участка зависит также от размеров (крупностью) продуктов. У продуктов, разделённых на крупные части, наклон кривых, т.е. скорости сушки меньше.

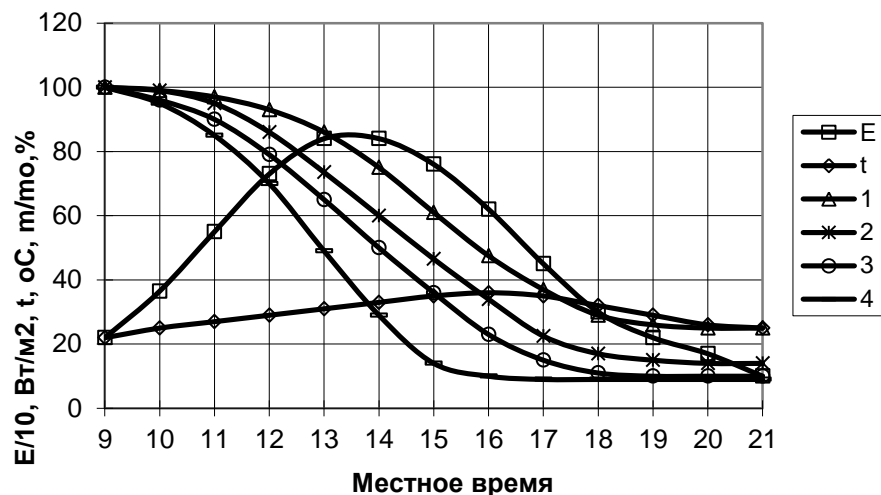


Рис. 11. Результаты сушки яблок в июле месяце

E – плотность интегральной солнечной радиации, t – температура окружающего воздуха. 1, 2 – воздушно – солнечная сушка; 3, 4 – сушка в РКССУ. 1 и 3 – с ИКНЭ, 2 и 4 – радиационно - конвективная сушка.

Основным фактором, определяющих скорость сушки жидковязких СХП как в РКССУ, так и на открытом воздухе является плотность солнечной радиации, т.е. величина подводимой к продуктам тепловой энергии, зависящей, от плотности солнечной радиации. Следовательно, для различных продуктов вторые периоды сушки различны во времени. Однако, для измельченных до жидковязкого состояния продуктов эти различия не столь существенны.

Исследовалась кинетика сушки жидковязких СХП при низких плотностях солнечной радиации, в октябре месяце, из – за относительно меньшей величины подводимой к продуктам энергии кинетика сушки отличается от сушки при высоких плотностях солнечной радиации (рис. 12).

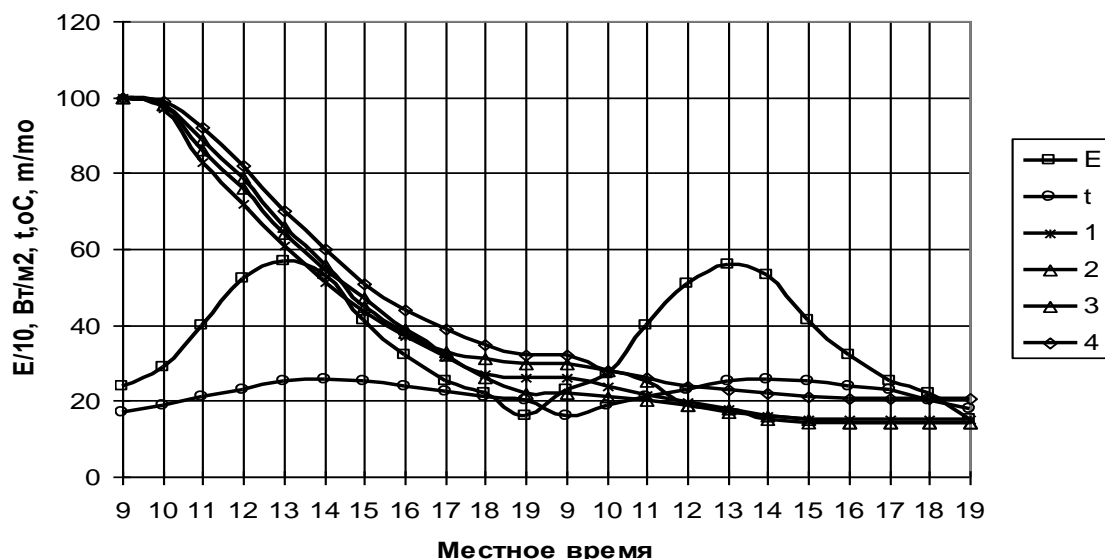


Рис. 12. Результаты сушки жидковязких сельхозпродуктов в октябре месяце в РКССУ: E – плотность солнечной радиации, t – температура окружающего воздуха, 1 – яблоко, 2 - айва, 3 – томаты.

При низких плотностях солнечной радиации, невозможно высушить продукты до достаточно низкой влажности за один световой день, позволявших превращать их в порошки. В первый день удастся высушить продукты до влажности 20 - 40% в зависимости от их вида. Процесс сушки продуктов приходится продолжить на следующий день. Для досушки во второй день потребуется еще 3-4 часа.

В четвертой главе (*Экспериментально-аналитическое исследование солнечной радиационно-конвективной сушки жидковязких сельхозпродуктов*) анализированы факторы, влияющие на кинетику процесса сушки жидковязких сельхозпродуктов в РКССУ.

В процессе сушки жидковязких СХП в РКССУ, из-за ряда причин, удаление влаги из них протекает неравномерно во времени. В отличие от сушки сельхозпродуктов в обычных тепловых сушильных установках, где интенсивность подвода теплоты регулируется и в некотором интервале времени держится постоянной, в ССУ подвод теплоты к высушиваемому СХП во времени неравномерный, поскольку интенсивность солнечной радиации в течение дня неравномерная.

Исследованы динамика изменения скорости сушки СХП S (кг/кг·с), представляющей собой уменьшение влагосодержания (N) материала в единицу времени:

$$S = (N' - N'')/(\tau' - \tau'') \quad (5)$$

Во время сушки N СХП уменьшается, поэтому графики, в которых оно отложено по оси абсцисс, следует читать их в обратном порядке, т.е. справа налево.

На рис. 13, для примера приведены рассчитанные нами на основе выражения 5 скорости сушки урюка.

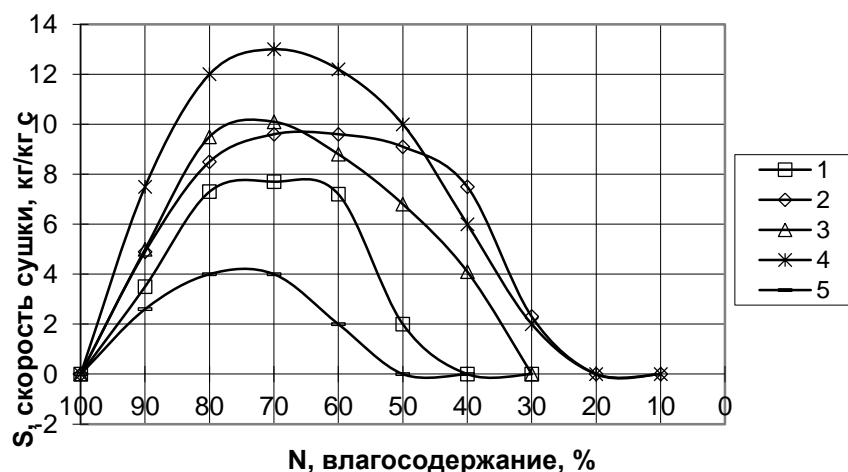


Рис. 13. Зависимость скорости сушки урюка от его влагосодержания в июле месяце: 1, 2 – воздушно – солнечная сушка; 3, 4 – сушка с РКССУ, 1 и 3 – с ИКНЭ, 2 и 4 – радиационно – конвективная сушка; 5 – урюк, разделенный пополам, радиационно – конвективная сушка.

Кривые скорости сушки для различных видов СХП, имеющих различные структуры, отличаются между собой. Так, для кожистых продуктов (виноград, черешня, вишня и др.) наблюдается относительно низкая S , что обусловлено, видимо, мембранирующей роли кусочков кожи этих продуктов, оказывающих сопротивление движению влаги внутри жидковязкого СХП.

Скорости сушки волокнистых СХП (морковь красная, желтая, репа, редька, тыква и др.) в 1,3 - 1,5 раза выше скорости сушки не волокнистых жидковязких СХП. Это является результатом того, что при наклаывании в поддоны этих продуктов остается пространство между волокнами и процесс испарения идет от большей поверхности, чем у не волокнистых СХП, когда они ложатся плотным слоем. Поверхность испарения у волокнистых материалов оказывается больше, чем у не волокнистых.

Исследована динамика изменения температуры высушиваемых жидковязких сельхозпродуктов на открытом воздухе и в РКССУ.

Температура поверхности продуктов, высушиваемых на открытом воздухе а также температура стеклянного ограждения КС измерялись с помощью дистанционного бесконтактного инфракрасного термометра INF-200. Измерения проводились в безветренную погоду, чтобы исключить конвективный унос теплоты с поверхности стекла и продуктов.

В экспериментах измерены температура воздуха внутри КС, лабораторным ртутным термометром, температуры жидковязкого СХП в глубине около 3мм от поверхности, с помощью отградуированных медно - константановых термопар.

Для сравнения были исследованы также температурные режимы целых, а также разделенные на крупные части продукты (урюк, томаты, яблоко, дыня и др.).

При прочих равных условиях на температуру высушиваемого продукта существенное влияние оказывает их поглощательная способность. Чем больше поглощательная способность (чем темнее окраска продукта), тем его температура выше. Это свидетельствует о том, что теплота к высушиваемым продуктам в основном подводится поглощаемой ими солнечной радиацией.

На рис. 14 приведены температуры высушиваемых продуктов на открытом воздухе и в ССУ, измеренных с помощью термопар, установленных в продуктах на глубине около 3 мм.

Исследованы экономические аспекты получения порошков сельхозпродуктов с помощью солнечной энергии.

Критерием ценности технической схемы получения порошков СХП является в первую очередь качество получаемой продукции, гарантированные сроки хранения и конечно же, экономическая эффективность (ЭЭ).

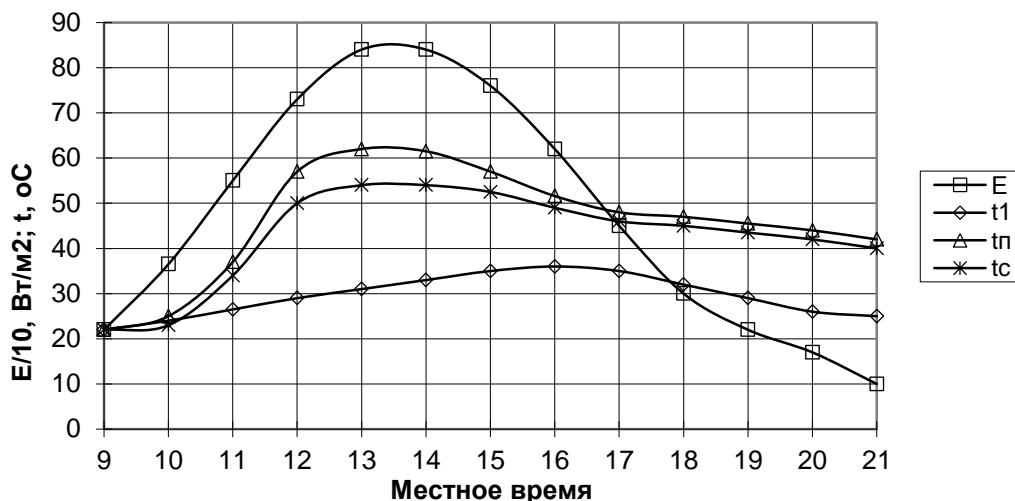
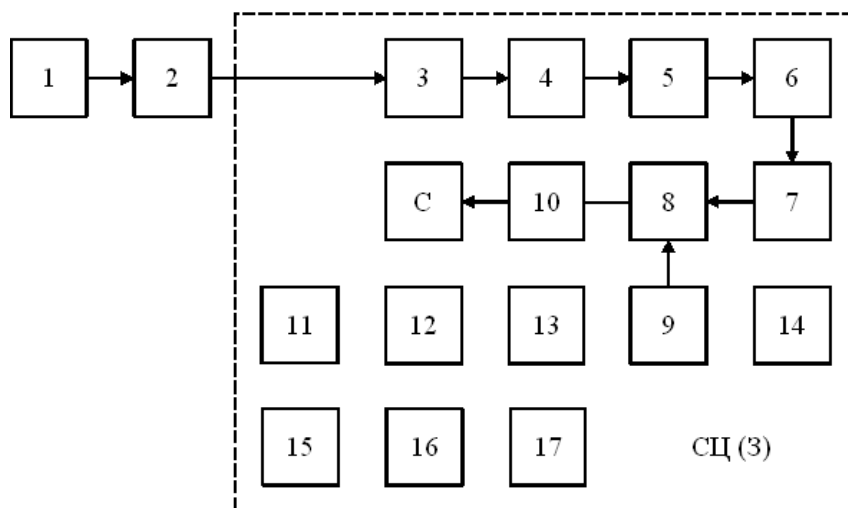


Рис. 14. Температура продуктов с темными цветами при сушке на открытом воздухе в июле месяце: E – плотность солнечной радиации, t_1 – температура окружающего воздуха, t_n – температура на поверхности продукта, t_c – температура в середине продукта.

Для этого нами составлена технико-экономическая схема материальных и трудовых затрат при получении порошков СХП по разработанной нами технической схеме (с помощью солнечной энергии), которая приведена на рис.15

Затраты, обозначенные позициями 1–6 будут одинаковыми как для традиционного, так и для метода получения порошков с помощью солнечной энергии. Главное отличие расходов в рассматриваемых двух случаях составляют затраты, обозначенные в п.7 – затраты на сушку жидковязкого СХП в РКССУ.



затраты на контроль качества порошка СХП; 10-упаковку порошка СХП; 11-внутрицеховые производственные затраты; 12-капитальные затраты (здания и технологическое оборудование); 13-затраты на амортизационные расходы оборудования; 14-затраты на электроэнергию; 15-затраты на расходные материалы (вода, ГСМ и др.); 16 - внутризаводские затраты; 17 - затраты на зарплату персоналу (включая отчисления в социальный фонд и налоги); СЦ - сушильный цех (завод), С - склад готовой продукции.

Затраты на электроэнергию (п. 14) в нашем варианте намного ниже, чем для классических вариантов. В нашем варианте нет оборудования, потребляющего электроэнергию для производства тепловой энергии, необходимой для сушки или для создания вакуума при вакуумно – сублимационной сушке.

Затраты на расходные материалы (вода, ГСМ и др., п. 15.), также будут низкими.

Внутрифабричные затраты (п.16), также будут низкими, чем в сравниваемых традиционных вариантах.

Затраты на зарплату персоналу (п. 17) для нашего случая также будут низкими поскольку обслуживать ССУ будет меньшее количество персонала.

Поскольку наши РКССУ опытные, лабораторные, то на их стоимостных показателях возможно сделать только приблизительные оценки об экономической эффективности разработанной технической схеме. В этом смысле мы ограничимся лишь оценкой энергозатрат при классическом варианте сушки продуктов и сушкой в наших РКССУ.

Примем следующие допущения, вытекающие из результатов наших экспериментов:

1. В среднем СХП состоят из 90% влаги;
2. Остаточную влажность порошков СХП, полученных на наших РКССУ примем равными 5%. Тогда, с 1 кг влажного (исходного) продукта получаем 105 гр. порошка с остаточной влажностью 5%;
3. С 1 кг исходного продукта испаряется 895 гр. влаги.

Для испарения 895 гр. влаги потребуется 2219,6 кДж энергии.

Тогда, для получения 1 кг порошка из СХП с исходной влажностью 90% потребуется испарять 8,523 кг влаги. Для этого потребуется 21139,04 кДж или 21,14 МДж тепловой энергии.

Рассмотрим два варианта получения тепловой энергии из двух различных источников: от электрической энергии и от сжигания среднестатистического бурого угля Кыргызстана с удельной теплотой сгорания 18 МДж/кг.

Предположим, что КПД калорифера, работающего от электрической энергии равен 75%. Тогда, для получения 21,14 МДж тепловой энергии потребуется 7,34 кВт час электроэнергии.

При цене электрической энергии в 2,1 сом за 1 кВт час, для получения 1 кг порошка СХП потребуется 15,42 сом.

При получении тепловой энергии сжиганием угля (примем КПД теплового генератора, работающего на твердом топливе 50%) для выработки 21,14 МДж тепловой энергии приходится сжигать 2,35 кг угля с теплотой сгорания 18 МДж/кг.

При наблюдающейся средней рыночной цене угля в 5 сом/кг, для этого потребуется 11,75 сом.

В первом приближении мы оценили экономическую эффективность разработанной технологии и установок Э как сэкономленные энергоресурсы Э_т при производстве определенного количества порошков СХП по разработанной технологии и установках выражением:

$$\mathcal{E} \approx \mathcal{E}_t \quad (6)$$

Рассчитанные экономические эффективности классических технологий для вариантов использования электрической энергии (Ээ) и угля (Эу) и предлагаемой нами технической схемы в РКССУ в зависимости от объемов производства (П) порошков приведены в табл.1.

Табл. 1 – Экономическая эффективность технической схемы получения порошков сельхозпродуктов с помощью солнечной энергии

П, тонна	1	5	10	100	1000	10000
Ээ, тыс. сом	15,42	77,10	154,20	1542,00	15420,00	154200,00
Эу, тыс. сом	11,759	58,795	117,59	1175,90	11759,00	117590,00

Как видно из таблицы, использование солнечной энергии для сушки жидковязких сельхозпродуктов при получении порошков СХП дает многомиллионные прибыли.

Кроме этого, использование экологически чистой солнечной энергии позволит существенно сократить выбросы парниковых газов, и в первую очередь СО₂ и улучшить экологическую ситуацию в стране.

Следует отметить, что эти расчеты носят приблизительный характер, поскольку учесть достаточно точно все расходы возможно только при производстве продукции на действующем промышленном оборудовании и на созданной ССУ промышленного типа.

ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Основные выводы и заключения, сделанные из выполненных исследований можно сформулировать следующим образом:

1. Научно обоснована и практически доказана возможность сушки жидковязких сельхозпродуктов до низкой остаточной влажности с помощью солнечной энергии, позволяющая получать их порошки с механическим измельчением;

2. Разработаны высокоэффективные солнечные сушильные установки, позволяющие высушивать жидковязкие сельхозпродукты до низкой остаточной

влажности при наблюдающихся значениях плотности солнечной радиации. Новизна технического решения подтверждена Патентом КР №1689;

3. Выявлены закономерности процесса сушки жидковязких сельхозпродуктов в солнечных сушильных установках в зависимости от параметров солнечной радиации, окружающей среды, вида и физических характеристик самих сельхозпродуктов. Установлено, что при высоких плотностях солнечной радиации (500 Вт/м^2) сельхозпродукты рекомендуется сушить радиационно-конвективным методом. При низких плотностях солнечной радиации (менее 350 Вт/м^2) предпочтителен контактно-конвективный метод сушки;

4. Интенсивность испарения влаги из жидковязких продуктов при сушке происходит аналогично испарению с открытой поверхности жидкости. В случае солнечной сушки жидковязких сельхозпродуктов не наблюдается все этапы сушки, характерные целым или крупно измельченным продуктам. Сушка жидковязких (пастообразных) продуктов в основном состоит из двух этапов - второго, (характеризующегося постоянной скоростью) и третьего, (характеризующегося уменьшающейся скоростью) этапов сушки, что связано с особенностью строения жидковязкого состояния продукта (с разрушенными капиллярами);

5. Скорость и температура сушки жидковязких сельхозпродуктов пропорциональны величине подводимой энергии к высушиваемым продуктам - плотности солнечной радиации и повторяет ее изменчивость в течение дня;

6. Кожистые продукты (виноград, слива, черешня, вишня и др.) сушатся медленнее, что обусловлено трудностью испарения влаги с кожистых слоев;

7. Малосахаристые и волокнистые продукты: айва, груша, морковь и др. имеют более высокую скорость сушки, чем обычные измельченные продукты.;

8. Данные по исследованию влияния актинометрических и других факторов на кинетику процесса сушки жидковязких сельхозпродуктов позволяют выбрать наиболее оптимальные параметры процесса их сушки в зависимости от их вида и физических характеристик;

9. Усадка продуктов при сушке их в измельченном виде намного (в 3-5 раз) больше, чем в целом виде, что является результатом разрушения несущей структуры продуктов на стадии измельчения;

10. При внедрении в практику в промышленном масштабе разработанная техническая схема позволит экономить энергетические ресурсы на миллионы сом, существенно снизить потери урожая при хранении, в определенной степени решит проблему обеспечения продовольственной безопасности страны, проблему занятости населения, позволит повысить экспортный потенциал страны, улучшит экологическую ситуацию в стране, также транспортные расходы при их перевозке почти 8-9 раз;

Список научных трудов, опубликованных по теме диссертации

1. **Ташиев, Н.М.** Разработка солнечной сушильной установки для получения порошков сельхозпродуктов [Текст] / Н.М. Ташиев, А.И. Исманжанов, Абдырахман уулу К. // - Известия ОшТУ. - Ош: ОшТУ, 2013. - №2. - С. 194-197.
2. **Ташиев, Н.М.** Влияние вовлечения ресурсов возобновляемых источников энергии в энергобаланс на социально-экономическую ситуацию в Кыргызстане [Текст] / [Н.М. Ташиев, А.И. Исманжанов, Н.А. Мурзакулов и др.] // Доклады международной научно-практической конференции «Вызовы современного мира». - Новосибирск: «НИНХ», 2013. 680 с. - С. 103-105.
3. **Ташиев, Н.М.** Исследование усадки пастообразных сельхозпродуктов при их солнечной сушке [Текст] / Н.М. Ташиев // Известия ОшТУ. - Ош: ОшТУ, 2014. - №2. - С. 60-62.
4. **Патент КР №1689.** Солнечная сушильная установка [Текст] / Н.М. Ташиев, А. И. Исманжанов, Абдырахман уулу К: Кыргызпатент.- №201300751; заявл.21.08.2013; Оpubл. 28.11.2014. Бюллетень № 11 (188). - 10 с.: ил.
5. **Ташиев, Н.М.** Разработка и исследование технологии получения порошков сельхозпродуктов с помощью солнечной энергии [Текст] / Н.М. Ташиев // Наука. Образование. Техника. - Ош: КУУ, 2015. - №2. - С. 83-90.
6. **Tashiev, N.M.** Development and research of the technology for powdering agricultural products using solar energy [Text] / N.M. Tashiev, A.I. Ismanzhanov // Applied Solar Energy. -New York: 2016. Vol.52, Issue 4, -P. 256-258.
7. **Ташиев, Н.М.** Разработка и исследование технологии получения порошков сельхозпродуктов с помощью солнечной энергии [Текст] / Н.М. Ташиев, А.И. Исманжанов // Науковий вісник НУБіП України. Серія Техніка та енергетика АПК. - Украина, Бережани: БАТИ, 2016. - №240.- С. 43-51.
8. **Ташиев, Н.М.** Разработка технологии получения порошков сельхозпродуктов с помощью солнечной энергии [Текст] / Н.М. Ташиев // Молодой ученый. - Казань: 2017. - №10(144). - С. 96-99.
9. **Ташиев, Н.М.** Исследование скорости сушки жидковязких сельхозпродуктов на солнечных сушильных установках [Текст] / Н.М. Ташиев, А.И. Исманжанов, К.А. Бокоев // Наука. Образование. Техника. - Ош: КУУ, 2017. - №3-4. - С. 7-12.
10. **Ташиев, Н.М.** Исследование температурного режима сушки жидковязких сельхозпродуктов в солнечной сушильной установке [Текст] / Н.М. Ташиев, А.И. Исманжанов // Вестник КРСУ. - Бишкек: КРСУ, 2018. - №8. - С. 48-54.

РЕЗЮМЕ

диссертации **Ташиева Нургазы Мамазакировича** на тему: **«Получение порошков сельхозпродуктов с использованием солнечной энергии»** на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.08 – «Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии»

Ключевые слова: солнечная энергия, солнечная сушильная установка, способ подвода теплоты, нагревательный элемент, сельхозпродукт, жидковязкое состояние, влагосодержание, скорость сушки, температура сушки, измельчение, порошок,

Объект исследования: солнечные сушильные установки.

Целью диссертационной работы является разработка новых технических схем и установок для получения порошков сельхозпродуктов, основанных на использовании солнечной энергии как альтернатива расходу ископаемых видов топлива и электроэнергии.

Методы исследования: в исследованиях использованы экспериментальные и теоретические методы.

Полученные результаты и их новизна: Впервые разработана техническая схема получения порошков сельхозпродуктов с помощью солнечной энергии, разработаны и запатентованы новые типы солнечных сушильных установок для сушки жидковязких сельхозпродуктов до низкой остаточной влажности с последующим получением их порошков. Выявлены закономерности кинетика сушки жидковязких сельхозпродуктов в зависимости от их физического состояния, плотности солнечной радиации и способа подвода теплоты к высушиваемому продукту.

Практическая значимость: разработанные солнечные установки и техническая схема позволяют в промышленном масштабе производить порошки сельхозпродуктов, снизить потери урожая, расходы на их хранение и транспортировку, экономить значительные топливно-энергетические ресурсы, уменьшить эмиссию двуокиси углерода и других парниковых газов в атмосферу, улучшить экологическую ситуацию.

Степень внедрения и экономическая эффективность результатов работы: результаты исследований переданы для разработки опытно – промышленной солнечной сушильной установки для получения порошков сельхозпродуктов, а также внедрены в учебный процесс в ОшТУ. Полученные порошки использованы для приготовления пищи на предприятиях общественного питания и получили одобрение.

Область применения: теория и практика солнечных сушильных установок, сушка сельхозпродуктов.

Ташиев Нургазы Мамазакировичтин «Күн энергиясын колдонуу менен айыл чарба азыктарынын күкүмүн алуу» деген темадагы 05.14.08 - «Энергиянын жаңыланып туруучу булактарынын негизиндеги энергетикалык түзүлүштөрү» адистиги боюнча техника илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын алуу үчүн жазылган диссертациясынын

РЕЗЮМЕСИ

Негизги сөздөр: күн энергиясы, күн энергиясы менен кургатуучу түзүлүш, жылуулук берүү жолу, жылытуучу элемент, айыл чарба азыгы, суюк илешкек абал, нымдуулук, кургоо ылдамдыгы, кургоо температурасы, майдалоо, күкүм.

Изилдөө объектиси: күн энергиясы менен кургатуучу түзүлүш.

Изилдөөнүн максаты: отун жана электр энергиясынын чыгымына атаандаш катары күн энергиясын колдонуу менен айыл чарба азыгынын күкүмүн алууга негизделген жаңы техникалык схема жана түзүлүштөрдү иштеп чыгуу болуп эсептелет.

Изилдөөнүн ыкмалары: изилдөөдө эксперименттик жана теориялык ыкмалар колдонулду.

Алынган натыйжалар жана алардын жаңычылдыгы: күн энергиясын колдонуу менен биринчи жолу айыл чарба азыктарынын күкүмүн алууга негизделген жаңы техникалык схема иштелип чыкты, суюк илешкек айыл чарба азыктарын төмөнкү арткан нымдуулукка чейин кургатуу менен алардын күкүмдөрүн алуу үчүн күн энергиясы менен кургатуучу түзүлүштүн жаны түрү иштелип чыкты жана ага патент алынды. Күн жардамында кургатуучу түзүлүштө суюк илешкек айыл чарба азыктарынын кургоо жараянынын мыйзам ченемдүүлүктөрүнүн азыктардын түрүнө жана физикалык мүнөздөмөсүнө, күн радиациясына, айлана чөйрөгө болгон көз карандылыгы аныкталды.

Практикалык мааниси: Иштелип чыккан күн түзүлүштөрү жана техникалык схема айыл чарба азыктарынын күкүмдөрүн өндүрүүгө өндүрүштүк масштабда мүмкүнчүлүк түзөт. Түшүмдүн жоготуусун, ташууга жана сактоого кеткен чыгымды азайтат, жылуулук-энергетикалык ресурстарды колдонууну үнөмдөйт, көмүр кычкылтек газын жана башка зыяндуу заттардын абага бөлүнүп чыгуусун азайтат, экологиялык кырдаалды оңдойт.

Пайдалануу даражасы жана иштин натыйжасынын экономикалык эффективдүүлүгү: изилдөөнүн жыйынтыгы айыл чарба азыгынан күкүм алуу үчүн өндүрүштүк тажрыйбадагы күн энергиясы менен кургатуучу түзүлүштү иштеп чыгууга берилди жана ОшТУнун окуу жараянына киргизилди. Алынган күкүмдөр тамак-аш иштетүүчү жайларында колдонулду жана ырасталды.

Колдонуу аймагы: күн энергиясы менен кургатуучу түзүлүштөрдүн теориясы жана практикасы, айыл чарба азыктарын кургатуу.

SUMMARY

of the dissertation of **Tashiev Nurgazy Mamazakirovich** on «**Preparation of powders of agricultural products using solar energy**» " for the scientific degree of candidate of technical sciences in specialty:
05.14.08 – «Power devices on renewable energy sources»

Keywords: solar energy, solar drying installations, method of heat lead, heating element, agricultural product, liquid-viscous state, moisture content, drying speed, drying temperature, grinding, powder.

Object of research: solar drying installations.

Objectives of dissertation: elaboration of new technical schemes and installations for producing agricultural products based on the use of solar energy as an alternative to the consumption of fossil fuels and electricity.

The research methods: experimental and theoretical methods are used in the research.

The obtained results and their novelty: For the first time, a technical scheme for the production of liquid-viscous agricultural product powders with the help of solar energy has been developed, new types of solar drying installations for drying liquid-viscous agricultural products with low residual moisture have been developed and patented, followed by the production of their powders. The kinetics of drying liquid-viscous agricultural products was studied depending on their physical state, the density of solar radiation and the method of supplying heat to the dried product.

Practical significance: the developed solar installations and technical scheme allow producing agricultural product powders on the industrial scale, to reduce crop losses and expenses for their storage and transportation, to save significant fuel and energy resources, to reduce the emission of carbon dioxide and other greenhouse gases into the atmosphere, and to improve the ecological situation.

Scale of implementation and economic efficiency of the research results: the results of the research were transferred to develop an experimental industrial solar drying installation for obtaining agricultural product powders, as well as introduced into the educational process in OshTU. The obtained powders were used for cooking at public catering establishments and were approved.

Application field: theory and practice of solar drying installations, drying agricultural products.



Подписано к печати 06.11.2018

Формат 60x80 1/16

Объем 1,56 п.л.

Тираж: 60

Заказ № 001891

Редакционно-издательский отдел ОшТУ им. академика М.М.Адышева
723503, г. Ош, ул. Н. Исанова, 81

