

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ УСТРОЙСТВО ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ ВИНОГРАДНОЙ ВЫЖИМКИ В НЕПРЕРЫВНО ДВИЖУЩЕМСЯ СЛОЕ.

Алексей Завалий, Владимир Рутенко, Сергей Криворучко

Южный филиал Национального университета биоресурсов и природопользования Украины
«Крымский агротехнологический университет»
Адрес: 95492 Симферополь, Аграрное, ЮФ НУБ и П Украины «КАТУ»
e-mail: rutvs@mail.ru

Аннотация. Предложено устройство инфракрасной сушки, обеспечивающее равномерное тепловое облучение верхней и нижней поверхностей ленты сушильного конвейера. Источники теплового излучения устройства размещены в одной плоскости с плоскостью ленты конвейера, а тепловое излучение передается на поверхности ленты отраженным излучением от зеркальных поверхностей, окружающих ленту. Экспериментально подтверждено, что устройство обеспечивает температурную неравномерность продукта сушки не более 2,5°C при среднем значении 48 - 65°C. Энергетические затраты устройства составляют 1,2 - 1,4 кВт·час/кг испаренной влаги. На основе данного устройства разработано устройство инфракрасной сушки виноградной выжимки загрузкой 200 кг по сырью.

Ключевые слова: сушка, виноградная выжимка, инфракрасный излучатель, конвейерная линия, контроль температуры.

ВВЕДЕНИЕ

Выжимка после прессования свежего винограда составляет около 20% перерабатываемой массы винограда и является ценным пищевым продуктом, насыщенным биологически активными веществами, одним из способов длительного сохранения которых является сушка. Принимая во внимание высокую энергоемкость процесса сушки, необходима разработка эффективных способов сушки при условии, что сам процесс не приводит к разрушению и потере ценных биологических компонент выжимки. При этом сушка должна производиться сразу после прессования, чтобы предотвратить биологические и биохимические процессы в выжимке, насыщенной влагой [1, 2, 3].

Современные сельскохозяйственные предприятия, занимающиеся возделыванием и переработкой винограда, существенно отличаются по объему производимой продукции и нуждаются в оборудовании с высокой производительностью, соответствующей объемам производства. Из-за быстрой порчи выжимки транспортировать ее от места прессовой обработки винограда нет смысла, то есть сушильное оборудование должно находиться в непосредственной близости от места отжима. Традиционные устройства для сушки, разрабатываемые в СССР для крупного промышленного производства, не могут быть применены как по производительности и затратам, так и по конечному продукту. Так, например, выжимка, высушенная в устройствах, использующих в качестве агента сушки продукты сгорания углеводородных топлив, вряд ли может применяться в пищу.

Инфракрасной сушки делают ее привлекательной для использования в сельскохозяйственных предприятиях. Общими недостатками

Таким образом, необходимы способы и устройства сушки, позволяющие производить высококачественный продукт, обладающие высокой экономической эффективностью и обеспечивающие необходимую для данного предприятия производственную программу.

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

При разработке способов и устройств сушки следует уделять особое внимание экологически чистым технологиям, использующим природные, естественные механизмы обезвоживания пищевых продуктов. К таким механизмам относится воздействие теплового излучения, известное человеку исстари как сушка на солнце. Технические устройства сушки тепловым излучением позволяют исключить вредное действие ультрафиолетового спектра солнечного излучения, губительно действующего на биологические объекты, оставив только инфракрасное излучение.

Инфракрасная (ИК) сушка продуктов питания является природным экологически чистым способом удаления влаги [4, 5, 6]. Ее особенностью является непосредственный способ передачи потока тепла от источника излучения к поверхности сушки, что обуславливает ее высокую эффективность и управляемость. Источниками теплового излучения служат высокотемпературные лампы накаливания, обеспечивающие значительные по величине тепловые потоки при малых собственных геометрических размерах. Устройства инфракрасной сушки просты по конструкции, легко обслуживаются. Эти свойства

инфракрасной сушки являются высокая неравномерность потока излучения на поверхность сушки и, как следствие, неравномерная остаточная

влажность продукта сушки и низкая объемная производительность. Разработка устройств инфракрасной сушки, лишенных указанных недостатков, является актуальной научной и технической задачей.

Особенностью виноградной выжимки является близость ее структуры к мелкодисперсным пластичным веществам, которые характерны низкой пористостью, как следствие, малой площадью поверхности и плохой воздушной проницаемостью. Для эффективной сушки таких веществ необходимо увеличивать площадь поверхности как теплового воздействия на продукт сушки, так и соприкосновения с окружающим воздухом.

Технически решить такую задачу в компактных устройствах позволит двустороннее облучение тонкого пласта продукта сушки и регулярное его ворошение пересыпанием с одной поверхности сушки на другую.

В связи с вышесказанным целью настоящей работы является разработка конвейерного устройства инфракрасной сушки виноградной выжимки в непрерывно движущемся слое.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи.

1. Разработать геометрию рабочего объема инфракрасного сушильного устройства, обеспечивающую равномерное тепловое облучение верхней и нижней поверхностей ленты сушильного конвейера.

2. Экспериментально определить уровень неравномерности температуры продукта в ходе сушки и энергетические затраты на процесс сушки для разработанной геометрии инфракрасного сушильного устройства.

3. Разработать систему автоматического поддержания заданного уровня температуры продукта в процессе сушки.

4. Разработать конструкцию конвейерного устройства инфракрасной сушки виноградной выжимки.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Разработка геометрии рабочего объема инфракрасного сушильного устройства. Рабочий объем инфракрасного сушильного устройства (рис.1) представляет собой плоскую сетчатую ленту 2 конвейера, окруженную профилированными распространения лучей от источника к поверхности сушки. Геометрическую картину распространения лучей от источника к облучаемой поверхности строят в соответствии с законом полного отражения излучения.

С использованием тепловой модели разработаны рабочие объемы для ленты шириной 450 - 950 мм и высотой боковых зеркальных отражателей (рефлекторов) 100 - 200 мм. Профили боковых рефлекторов рассчитаны с использованием геометрической модели,

зеркально отражающими поверхностями 4 и 5. Источники излучения 3 расположены в плоскости ленты 2 за ее пределами. Задачей зеркально отражающих поверхностей 4 и 5 является равномерное распределение потока излучения от источников 3 по верхней и нижней поверхностям ленты 2. Предлагаемая схема исключает попадание на поверхности сушки прямого излучения источников, весь процесс переноса тепла осуществляется отраженным излучением.

Факторами управления распределением потока излучения по поверхностям ленты являются форма и положение боковых отражателей 4, форма и положение верхнего и нижнего отражателей 5 и место положения источников излучения 3 по отношению к границе ленты. Для определения геометрических параметров рабочего объема инфракрасного сушильного устройства, обеспечивающего равномерное распределение потока излучения по поверхностям ленты конвейера нами разработана тепловая модель инфракрасного излучения в рабочем объеме камеры. Тепловая модель разработана в двумерной и трехмерной постановках и основана на решении интегрального уравнения переноса излучения в оптически прозрачной рассеивающей, поглощающей и преломляющей среде [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Решением модели являются поля температур и тепловых потоков на поверхностях ленты для заданной тепловой мощности источника излучения. На остальных границах рабочего объема задаются оптические свойства поверхностей и условия сложного теплообмена 3-го рода на внешней стенке границ для естественно-конвективного теплообмена.

Геометрия рабочего объема удовлетворяет требованиям равномерности распределения теплового потока излучения по поверхности сушки, если в результате теплового моделирования максимальная нормированная разность температур Δt_{\max} на поверхности сушки не превышает 1%, а среднее квадратичное отклонение распределения температуры σ_t на поверхности сушки не превышает 2 К. В случае невыполнения этих ограничений выполняют корректировку изменением угла положения верхнего отражателя относительно горизонтальной плоскости или смещением источника излучения по оси горизонтальной симметрии рабочего объема.

Корректировка осуществляется сопоставлением результатов расчетного теплового анализа с геометрической картиной

описанной в [12, 13, 14, 15, 16]. Геометрическая модель позволяет определять координаты участка поверхности рефлектора, обеспечивающие постоянство падающего на поверхность облучения теплового потока излучения в соответствии с законами Ламберта и распространения энергии от точечного источника. На рис.2 приведена схема расчетной области рабочего объема устройства сушки лотка шириной 600 мм и высотой профиля бокового отражателя 100 мм.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ УСТРОЙСТВО ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ ВИНОГРАДНОЙ

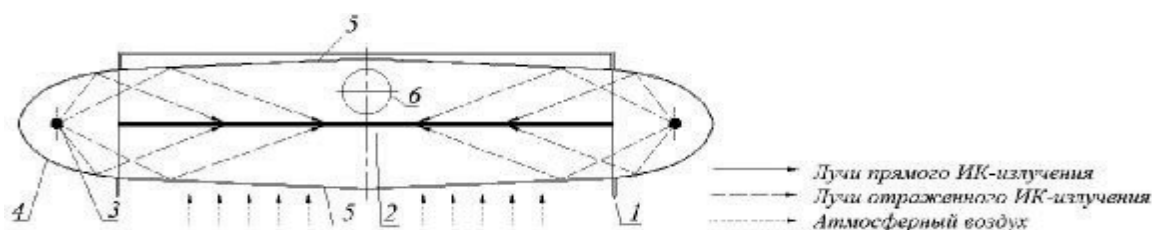


Рис.1. Схема рабочего объема устройства инфракрасной сушки

1 – корпус (камера) устройства; 2 – лоток (поверхность) с продуктом сушки; 3 – источник ИК излучения; 4 – боковой отражатель (рефлектор); 5 – верхний и нижний отражатели; 6 – вытяжной вентилятор.

Fig.1. Chart of the swept volume of device of the infra-red drying

1 - corps (chamber) of device; 2 - a tray (surface) with the product of drying; 3 - a source IK radiations; 4 - a lateral reflector (reflector); 5 - are overhead and lower reflectors; 6 - an air-exhauster.

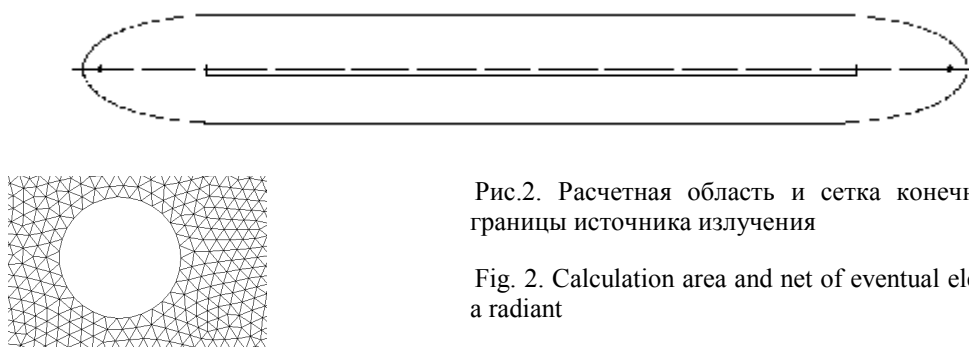


Рис.2. Расчетная область и сетка конечных элементов у границы источника излучения

Fig. 2. Calculation area and net of eventual elements at a border a radiant

Тепловое моделирование выполнено для следующих условий теплообмена на границах расчетной области: тепловой поток источника излучения $q = 20000 \text{ Вт/м}^2$; степень черноты поверхности источника излучения $\varepsilon = 1$; коэффициент конвективного теплообмена на внешних границах поверхности облучения и поверхностей отражения $\alpha = 10 \text{ Вт/м}^2\text{К}$; степень черноты внешней границы поверхности облучения $\varepsilon = 1$, поверхности отражения $\varepsilon = 0$; степень черноты внутренней границы поверхности облучения $\varepsilon = 1$; поверхности отражения $\varepsilon = 0$; коэффициент диффузности отражения внутренней границы поверхности отражения $\varphi = 0$, то есть отражение зеркальное.

Для расчетной области на рис.2 при зеркально отражающих боковых стенках ленты конвейера параметры температурной неравномерности на поверхности ленты конвейера составили: среднее значение температуры $t_{cp} = 53,8^\circ\text{C}$ при макси

мальном отклонении 4,3% и среднем квадратичном отклонении $\sigma = 3,479^\circ\text{C}$.

Для уменьшения температурной неравномерности использованы изменения положения верхнего (нижнего) отражателя и источников излучения. Наилучший результат позволило получить смещение источников излучения в сторону бокового рефлектора на 5 мм (рис.3): среднее значение температуры $t_{cp} = 53,75^\circ\text{C}$ при максимальном отклонении 0,982% и среднем квадратичном отклонении $\sigma = 1,007^\circ\text{C}$.

Экспериментальное определение уровня неравномерности температуры продукта в ходе сушки и энергетических затрат на процесс сушки выполнено в инфракрасной сушильной камере (рис.4).

Камера представляет собой шкаф (корпус 5), разделенный на 2 объема: в 1-м объеме размещен ИК излучатель с лотком для продукта сушки; во 2-м

объеме размещен вентилятор и панель электрических приборов.

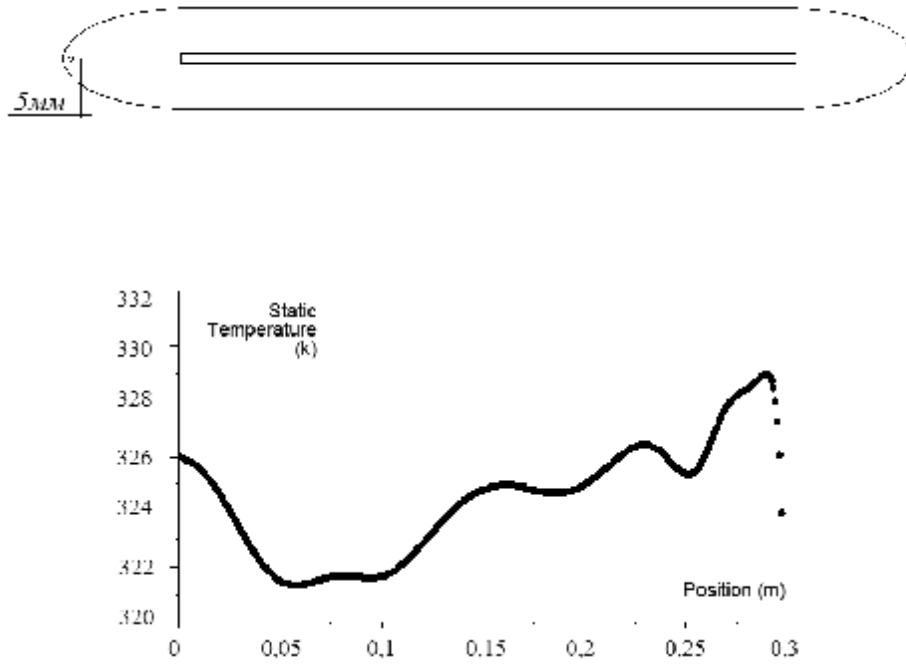


Рис.3. Расчетная область и распределение температуры на поверхности облучения

(источник излучения смещен на 5 мм)

Fig.3. Calculation area and distributing of temperature on the surface of irradiation

(a radiant displaced on 5 mm)

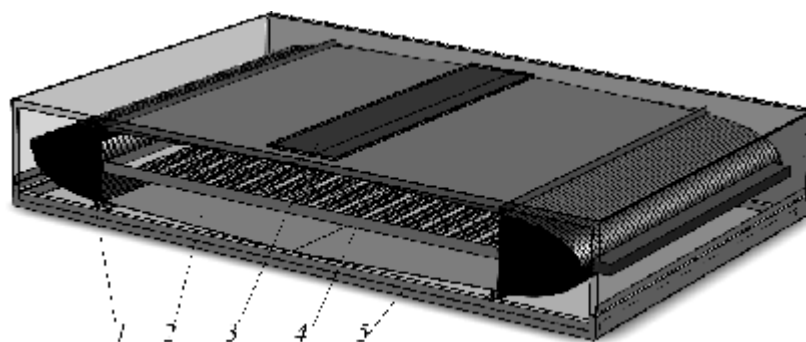


Рис. 4. Инфракрасная сушильная камера

1 – излучатель; 2 – нижний отражатель; 3 – верхний; 4 – сетчатый лоток; 5 – корпус

Fig. 4. Infra-red drying chamber

1 - emitter; 2 - a lower reflector; 3 - overhead; 4 - the reticulated tray; 5 - a corps

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ УСТРОЙСТВО ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ ВИНОГРАДНОЙ

Боковые излучатели 1 представляют собой профилированные поверхности с закрепленными на них держателями ламп. Все отражающие поверхности выполнены из зеркально отражающего алюминиевого листа толщиной 0,4-0,45 мм. Источник излучения – линейные галогеновые лампы длиной 78 мм мощностью 100 Вт или 150 Вт. В камере устанавливается 4 лампы по 2 на сторону. Для измерения поля температуры изготовлен излучатель, длина бокового отражателя которого составляет 450 мм. Расстояние между боковыми отражателями составляет 520 мм. Под корпусом для измерения массы лотка установлены тензометрические весы, на которых закреплены стойки, выходящие в рабочий объем камеры. На стойках закреплены траверсы, на которые опирается лоток с продуктом сушки. Для измерения температуры использованы термопары типа К и 8-ми каналный цифровой измеритель температуры ИТ Д-ИТ-8ТП-ЭЗА-RST-2И производства АОЗТ «ТЕРА» с программным обеспечением для записи и архивирования измерительной информации в память персонального компьютера.

Для оценки температуры продукта в процессе сушки и равномерности нагрева продукта, размещенного в разных местах лотка в экспериментальной камере выполнены сушки влажных войлочных кругов. Для измерения температуры продукта в тело круга на глубину 2–3 мм помещали термопары. Таким образом препарированы 3 круга, которые укладывали на лоток так, чтобы один круг был на одинаковом расстоянии от источников излучения, а два других располагались у краев лотка вблизи источников излучения. В разных экспериментах круги укладывали в разные положения относительно лицевой и тыльной стенок камеры, стараясь охватить тем самым как можно большую площадь поверхности лотка.

В экспериментах варьировали как мощностью источников излучения, так и интенсивностью воздушного вентилирования рабочего объема камеры. На рис.5 представлена временная диаграмма изменения температуры продукта в ходе сушки при тепловой мощности 2,115 кВт/м² и естественной вентиляции камеры.

Для диапазона тепловой мощности 2–10,5 кВт/м² температура продукта в период постоянной скорости сушки находилась в пределах 48–65°C. Различие значений температуры продукта сушки, размещенного в разных местах лотка не превышало 2,5 °С, что свидетельствует о высокой степени равномерности теплового воздействия на продукт сушки по всей поверхности лотка камеры. Температура продукта сушки, размещенного ближе к источнику излучения, выше вследствие конвективного разогрева воздуха от источников излучения.

Для поддержания температуры в

заданном диапазоне значений выполнены сушки в экспериментальной камере с использованием релейного регулятора температуры продукта сушки. На рис.6 приведена диаграмма изменения температуры продукта при регулировании включением/выключением источников излучения.

Оценка затрат энергии на процесс сушки (рис.7) выполнена для 10 режимов:

1 – мощность ламп 400Вт, облучение сверху, войлочные круги в металлических крышках (испарение с одной поверхности войлока) при естественной вентиляции;

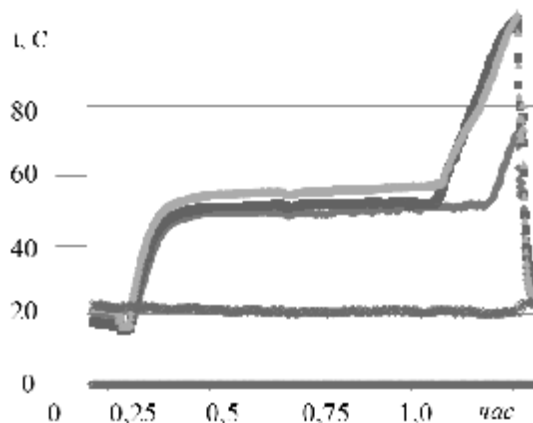


Рис. 5. Температура продукта в ходе сушки

Fig. 5. Temperature of product during drying

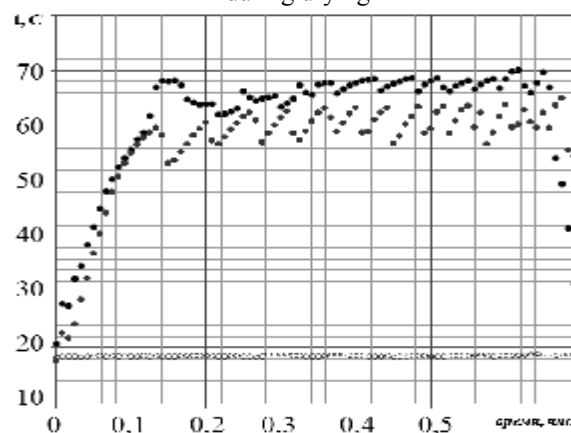


Рис.6. Температура продукта в ходе сушки при использовании релейного регулятора

Fig. 6. Temperature of product a motion of drying at the use relay regulator

2 – войлочные круги без крышек (испарение с 2-х поверхностей) при облучении 1-й поверхности сверху. Результат – увеличение скорости сушки на 17%, снижение затрат с 1,403кВт·час/кг, до 1,202 кВт·час/кг;

3 – для условий эксперимента 2 включена принудительная вентиляция (100м³/час или 0,15–0,17м/с). Результат – температура на поверхности упала до 28°C. Скорость сушки упала до значения в эксперименте 1, а затраты увеличились соответственно до 1,403кВт·час/кг.

4 – для условий эксперимента 3 воздух предварительно нагревался, обтекая поверхность отражателя. Результат – температура на поверхности выросла до 32С, затраты снизились до 1,345кВт·час/кг.

5, 6 – мощность ламп 600Вт для условий эксперимента 4. Результат – температура поверхности 40-41°С, скорость сушки выросла до 0,691-0,719г/с, затраты уменьшились до 1,276-1,226 кВт·час/кг.

7, 8 – мощность ламп 600Вт, естественная вентиляция. Результат – температура поверхности 50-52°С, скорость сушки выросла до 0,74-0,774г/с, затраты уменьшились до 1,192-1,139кВт·час/кг.

9 – мощность ламп 2000Вт, для условий эксперимента 4. Результат – температура поверхности 62°С, скорость сушки выросла до 2,554г/с, затраты 1,151 кВт·час/кг.

10 – мощность ламп 600Вт для условий эксперимента 4. Результат – температура поверхности 36-37°С (упала по сравнению с точками 5,6 на 3-4°С), скорость сушки 0,722г/с, затраты 1,221 кВт·час/кг.

На рис.7 экспериментальные точки нанесены на график с данными, полученными при испарении свободной влаги при контактном нагреве (линия К). Здесь же нанесена линия R, соответствующая удельной теплоте парообразования воды при атмосферном давлении.

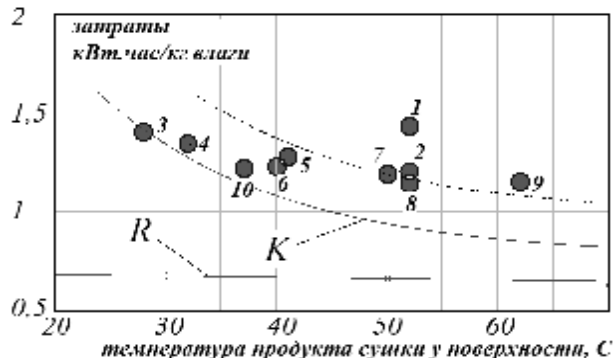


Рис. 7. Затраты энергии на процесс сушки
Fig. 7. Expenses of energy on the process of drying

Таким образом, энергетические затраты на испарение влаги составляют

1,2 -1,4 кВт·час/кг, при этом меньшие значения соответствуют большей тепловой нагрузке. Принудительная вентиляция камеры существенно снижает температуру продукта сушки при незначительном снижении скорости сушки и увеличении затрат энергии. По эффективности сушка в инфракрасной камере близка к сушке контактным нагревом, что свидетельствует о высокой эффективности передачи энергии излучения от источников к поверхности сушки.

Конструкция конвейерного устройства инфракрасной сушки виноградной выжимки представляет собой (рис.8) круговой конвейер, состоящий из шести ленточных горизонтальных транспортеров, одного шнекового горизонтального и одного шнекового вертикального транспортеров. Каждый транспортер приводится в движение своим мотор-редуктором.

Ленточные транспортеры идентичны по конструкции и представляют собой модуль, содержащий одну транспортную ленту с загрузкой сверху и выгрузкой вниз. Транспортеры размещены друг на друге движением навстречу, что позволяет загружать продукт на ленту верхнего транспортера, а далее продукт с каждой верхней ленты падает на ленту нижерасположенного транспортера. С ленты нижнего транспортера продукт падает в приемный бункер горизонтального шнекового транспортера, который подает продукт в нижнюю часть вертикального шнекового транспортера. Последний поднимает продукт вверх и сбрасывает его на ленту верхнего ленточного транспортера, круг движения продукта замыкается. Выгрузка готового продукта выполняется через окно в корпусе установки, расположенное на уровне 2-го снизу ленточного транспортера. Продукт, перемещаясь по ленте горизонтальных транспортеров, облучается инфракрасными излучателями, охватывающими ленту. Вентилирующий воздух попадает в объем установки через загрузочное отверстие и отверстие в зоне выгрузки, проходит вдоль лент с продуктом сушки и выбрасывается из устройства вытяжным вентилятором, установленным в верхней части корпуса в зоне выгрузки

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ УСТРОЙСТВО ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ ВИНОГРАДНОЙ ВЫЖИМКИ

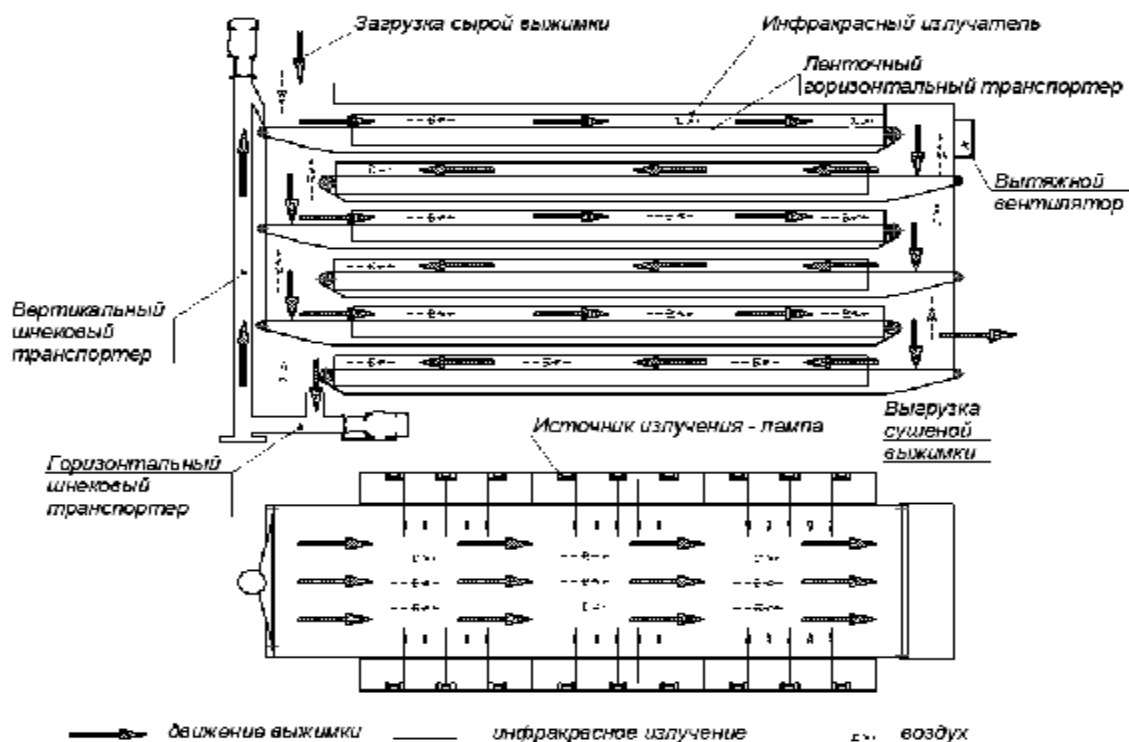


Рис. 8. Компонентная схема установки инфракрасной сушки виноградной выжимки

Fig. 8. Arrangement chart of setting of the infra-red drying of the vine pressing out

верхнего ленточного транспортера. Все ленточные транспортеры, имея одинаковую производительность, обеспечивают равномерное перемещение продукта сушки. Пересыпание выжимки с ленты на ленту реализует процесс ворошения, увеличивающий площадь контакта поверхности выжимки с воздухом и выравнивающий влагосодержание в слое выжимки.

Процесс сушки включает загрузку сырья, сушку, выгрузку и складирование.

Загрузка сырья. Сырая выжимка загружается в загрузочное отверстие верхнего ленточного транспортера. Для ускорения загрузки крыша

Сушка. Требуемый температурный режим сушки реализуется с помощью регуляторов включения-выключения излучателя ленточного конвейера. Температура выжимки контролируется термпарой, установленной в металлическом щупе, скользящем по ленте конвейера (рис.9).

При достижении продуктом необходимой степени влажности излучатели выключают, а работу конвейера при включенной вентиляции продолжают в течение 1 часа. После чего готовый продукт выгружают.

устройства выполнена откидной, а секции верхнего отражателя - съемными. В ходе загрузки включают движение лент транспортеров с максимальной скоростью, чтобы обеспечить как можно более быстрое выкладывание выжимки на ленту. Контроль за толщиной слоя выжимки осуществляют контрольной линейкой, устанавливаемой над лентой. При достижении выжимкой нижнего ленточного транспортера (контроль через смотровое окно выгрузки) скорость движения ленты снижают до расчетной по производительности и включают шнековые транспортеры. Источники излучения включают по мере заполнения ярусов выжимкой. После окончания загрузки загрузочные отверстия закрывают, включают вытяжной вентилятор.

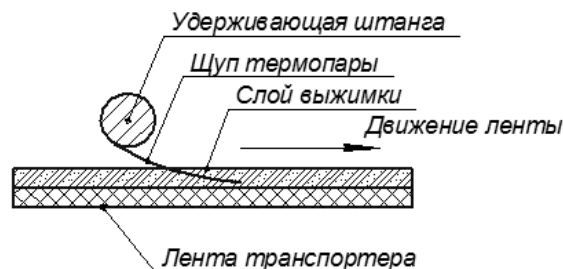


Рис. 9. Термопара контроля температуры выжимки

Fig. 9. Sensor for control of temperature of pressing out

Таблица 1. Технические характеристики конвейерного устройства инфракрасной сушки

Table 1. Technical descriptions of conveyer device of the infra-red drying

Наименование	Размерность	Значение
Сырье		
масса загрузки	кг	200
насыпная плотность	кг/м ³	250-470
высота слоя	мм	20-30
Ленточный транспортер		
количество	шт	6
температура продукта сушки	°С	35-55
ширина ленты	мм	980
длина ленты	мм	3600
нагрузка на погонный метр ленты	кг/м	10
средняя скорость движения ленты	м/мин	6,9
мощность излучателей	кВт	2,7
мощность привода	кВт	0,1
Шнековый транспортер		
наружный диаметр шнека	мм	100
угол подъема винта вертикального шнека	град	7,26
угол подъема винта горизонтального шнека	град	10,6
частота вращения	об/мин	160
потребляемая мощность	кВт	0,3
производительность	кг/час	206
Вентилятор		
расход воздуха	м ³ /час	100-200
потребляемая мощность	кВт	0,15

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ УСТРОЙСТВО ИНФРАКРАСНОЙ СУШКИ ВИНОГРАДНОЙ

Выгрузка и складирование. По окончании сушки открывают окно выгрузки и помещают в него приемный бункер (монтируется на тележке). Сушеный продукт снимают с ленты конвейера в бункер, затем перегружают в бумажные мешки, которые отправляют на склад.

Технические характеристики конвейера загрузкой 200 кг сырой выжимки приведены в таблице 1.

ВЫВОДЫ.

Разработано эффективное устройство инфракрасной сушки виноградной выжимки загрузкой 200 кг по сырью, состоящее из 6 модулей ленточного транспортера и шнекового транспортера с горизонтальной и вертикальной частями. Устройство позволяет выполнять ворошение и рыхление продукта сушки за счет пересыпания продукта с ленты на ленту модулей. Контроль и управление излучателями по температуре продукта в ходе сушки обеспечивает высокое качество сушеной выжимки.

Разработанная геометрия рабочего объема устройства обеспечивает температурную неравномерность продукта сушки не более 2,5°C при среднем значении 48 - 65°C. Энергетические затраты устройства составляют 1,2 - 1,4 кВт·час/кг испаренной влаги.

Разработанное устройство позволяет производить до 200 кг в сутки высококачественной сушки виноградной выжимки, сохраняющей биологически активные вещества исходного сырья.

ЛИТЕРАТУРА.

1. Разуваев Н.И., 1975. Комплексная переработка вторичных продуктов виноделия. – М.: Пищевая промышленность. - 167.
2. Бывшев В.Ф., Разуваев Н.И и др., 1978. Переработка отходов виноделия за рубежом. – М. -18
3. Огай Ю.А., 2003. Конвективная сушка виноградной выжимки // Виноградарство и виноделие. - № 2, 24 - 27.
4. Гинзбург А.С., 1966. Инфракрасная техника в пищевой промышленности / А.С. Гинзбург. – М.: Пищевая промышленность. – 407.
5. Лебедев П.Д., 1955. Сушка инфракрасными лучами. - М.: Госэнергоиздат. – 229.
6. Рогов И.А., 1976. СВЧ и инфракрасный нагрев пищевых продуктов/ И.А. Рогов. - М.: Энергия. - 472.
7. Блох А.Г., Ю.А.Журавлев, 1991. Теплообмен излучением: Справочник – М.: Энергоатомиздат. – 432.
8. Сперроу Э.М., Сесс Р.Д., 1971. Теплообмен излучением: – Л.: Энергия. – 294.

9. Суржиков С.Т., 2004. Тепловое излучение газов и плазмы. – М.: Изд-ву МГТУ им. Н.Э.Баумана,. – 544.

10. Chui E. H. and Raithby G. D., 1993. Computation of Radiant Heat Transfer on a Non-Orthogonal Mesh Using the Finite-Volume Method. Numerical Heat Transfer. - Part B, 23:269-288.

11. The Discrete Ordinates (DO) Radiation Model. Radiative Heat Transfer. Modeling Heat Transfer. Fluent 6.0 manual, 2001. // Help for Fluent 6.1 package. Fluent Inc.-Vol.11, 14 - 15.

12. Завалий А.А., Янович И.В.,Ю 2009. Система инфракрасного изотермического нагрева поверхности. // MOTROL. – №11В, 172 - 178.

13. Завалий А.А., Янович И.В., 2010. Оптимизация параметров дискретизации при моделировании систем инфракрасного нагрева методом конечных элементов// MOTROL. №12D, 201 - 211.

14. Завалий А.А., 2011. Оптико-геометрические модели проектирования отражающих поверхностей устройств инфракрасной сушки. // MOTROL. – №13С, 150 - 158.

15. Завалий А.А., 2012. Компьютерное тепловое моделирование и анализ инфракрасных систем равномерного облучения плоских поверхностей. – Авиационно-космическая техника и технология. – №1(88), 5 - 11.

16. Завалий А.А., Снежкин Ю.Ф., 2013. Устройства для инфракрасной сушки термолabileльных материалов.// Промышленная теплотехника. - т. 35, №2, 23 - 29.

ENERGY EFFICIENCY UNIT OF INFRARED DRYING OF GRAPE POMACE IN A CONTINUOUSLY MOVING LAYER

Summary. The poster presents the infrared drying device, which ensures uniform heat exposure of the upper and lower surfaces of the drying belt conveyor. Sources of heat radiation are arranged in one plane with the plane of the conveyor belt, and the radiation is transmitted to the tape surfaces reflected from specular surfaces surrounding the tape. It was confirmed experimentally, that the device provides a product drying temperature unevenness not more than 2,5°C at average value from 48°C to 65°C. Energy costs of the device are 1.2 - 1.4 kW·h/kg of evaporated moisture. On the basis of this device, an infrared drying unit for grape pomace was designed. It consists of 6 modules of belt conveyor and screw conveyor with horizontal and vertical parts. The device allows for turning and loosening the drying product due to oversleeping product tape-to-tape. Control and management of the emitters on the product temperature during drying provides high quality dried pomace.

Key words: drying, vine pressing out, infra-red emitter, conveyor line, control of temperature.

