

5. Bendich A., D'Apolito P., Gabriel E., Machlin I.J. Modulation of the immune system function of guinea pigs by dietary vitamin E and C following exposure to oxygen // Fed. Proc. – 1983. – 42. – R. 923.

6. Медведев Ю.В., Толстой А.Д. Гипоксия и свободные радикалы в развитии патологических состояний организма. – М.: ООО Terra; Календери Промоушн, 2000. – 232 с.

7. Кондратьев Н.Б., Аксенов Л.М. Влияние окислительной стабильности жиров сырья на сохранность кондитерских изделий при длительном хранении // Торты, вафли, печенье, пряники: сб. матер. VIII Междунар. конф. – М.: МПА, 2012. – С. 96-98.

8. Манукьян Г.Г. Разработка специализированного продукта с использованием антиоксидантов природного происхождения для питания спортсменов: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2009. – 157 с.

#### References

1. Zhirovye produkty dlya zdorovogo pitaniya. Sovremenniy vzglyad / L.G. Ipatova, A.A. Kochetkova, A.P. Nechaev, V.A. Tutel'yan. – М.: DeLi print, 2009. – 396 с.

2. Spirichev V.B. Vitaminy-antioksidanty v profilaktike i lechenii serdechno-sosudistykh

zabolevaniy // Voprosy pitaniya. – 2003. – № 6. – S. 45-51.

3. Spirichev V.B. Vitaminy, vitaminopodobnye i mineral'nye veshchestva. Spravochnik dlya provizorov i farmatsevtov. – М.: MTsFER, 2004. – 240 с.

4. Spirichev V.B. Teoreticheskie i prakticheskie aspekty sovremennoi vitaminologii // Voprosy pitaniya. – 2005. – № 5. – S. 32-48.

5. Bendich A., D'Apolito P., Gabriel E., Machlin I.J. Modulation of the immune system function of guinea pigs by dietary vitamin E and C following exposure to oxygen // Fed. Proc. – 1983. – 42. – R. 923.

6. Medvedev Yu.V., Tolstoy A.D. Gipoksiya i svobodnye radikaly v razvitii patologicheskikh sostoyanii organizma. – М.: ООО Terra; Kalenderi Promoushn, 2000. – 232 с.

7. Kondrat'ev N.B., Aksenov L.M. Vliyaniye oksislitel'noi stabil'nosti zhиров syr'ya na sokhrannost' konditerskikh izdelii pri dlitel'nom khranении // Torty, vafli, pechen'e, pryaniki: Sb. materialov VIII Mezhdunar. konf. – М.: МПА, 2012. – С. 96-98.

8. Manuk'yan G.G. Razrabotka spetsializirovannogo produkta s ispol'zovaniem antioksidantov prirodnogo proiskhozhdeniya dlya pitaniya sportsmenov: dis. ... kand. tekhn. nauk. – М., 2009. – 157 с.



УДК 664.655.04 (0/5)

О. Рахматов, К.К. Нуриев  
O. Rakhmatov, K.K. Nuriyev

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОРЕЖИМА СОЛНЕЧНО-ТОПЛИВНОЙ СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ЛЮЛЕЧНО-КОНВЕЙЕРНОГО ТИПА С ВОДЯНЫМ АККУМУЛЯТОРОМ

#### STUDY OF THE THERMAL REGIME OF SOLAR FUEL DRYER OF CRADLE CONVEYER TYPE WITH WATER ACCUMULATOR

**Ключевые слова:** сушилка, конвейер, камера, солнечная радиация, аккумулятор, ИК-излучение, температура, тепло, установка, виноград, мощность, кривая сушки, энергия, коэффициент.

Узбекистан является одним из крупнейших государств мира по производству свежих овощей и фруктов, а также сухофруктов. Однако в связи с низким уровнем базы хранения и переработки

имеют место большие потери сельскохозяйственной продукции. Одним из основных способов её переработки является сушка, которая является энергоёмким процессом. Так, для получения 1 кг сухого продукта с помощью современных сушильных установок следует удалить от 4,0 до 11 кг влаги. Удельный расход энергии при этом составляет от 18 до 27 тыс. кДж/кг. Один из основных способов производства сухофруктов и кишмиша в хозяйствах Узбекистана основан пре-

имущественно на естественной воздушно-солнечной сушке. Но из-за воздействия пыли, росы и других природных осадков готовая продукция требует дополнительной заводской обработки. В этом плане развитие, совершенствование и применение комбинированных солнечно-топливных сушилок позволят реализовать свои преимущества. Рассмотрен принцип работы солнечно-топливной сушилки люлечно-конвейерного типа, работающей в непрерывном режиме с встроенными ИК-излучателями и водяным термоаккумулятором, использующим солнечную радиацию. Сушилка содержит замкнутую O-образную вертикальную камеру, имеющую прямоугольное поперечное сечение. Внутри камеры на тяговых цепях подвешены сетчатые продуктовые корзины, над каждой из которых установлены ИК-лампы с параболаобразным рефлектором. ИК-излучатели подключаются к блоку электрического питания и работают только в восходящей и нисходящей ветвях камеры. Поверх камеры с зазором 100 мм смонтирована внешняя водяная камера объемом 4,384 м<sup>3</sup>. Установка снабжена вентилятором, электрокалорифером и кольцевым регенератором отходящего агента типа «Югстрим». Вся система оснащена датчиками и приборами КИП и А. Даются общие теплотехнические характеристики сушилки, методика расчета аккумулированной энергии и определения КПД установки. Проанализированы экспериментальные данные процесса сушки некоторых видов растительного сырья, которые могут быть полезными для технологов сушильного производства.

**Keywords:** *dryer, conveyer, chamber, solar radiation, accumulator, infrared radiation, temperature, heat, plant, grapes, capacity, drying curve, energy, coefficient.*

Uzbekistan is in the lead in fresh vegetables, fruit and dried fruit production in Central Asia. But due to inadequate storage and processing facilities great amount of harvested products are lost. Drying is one of the main processing techniques which is energy-consuming. To obtain 1 kg of a dry product by modern dryers, from 4 to 11 kg of moisture should be removed. The specific energy consumption makes from 18 to 27 thousand kJ kg. One of the main techniques of dried fruit and seedless raisins production on the farms of Uzbekistan is based mainly on natural air-solar drying. But because of dust, dew and other natural factors the final product requires additional industrial processing. In this regard, the application of improved combination solar-fuel dryers is advantageous. The authors discuss the operating principle of a solar-fuel dryer of cradle conveyer type acting in a continuous regime with built-in infrared radiants and water heat accumulator using solar radiation. The dryer has a closed O-shaped vertical chamber of rectangular cross section. Inside the chamber, there are wire baskets suspended on hauling chains, above each basket there are infrared lamps with a parabolic-shaped reflector installed. Infrared radiants are connected to the electrical power unit and operate only in the ascending and descending runs of the chamber. Above the chamber with 100 mm gap there is outside water chamber of 4384 cu m capacity. The plant is equipped with a fan, electric heating coil and annular regenerator of divergent agent. The system is equipped with sensors and control devices. The general thermotechnical features of the dryer, calculation methodology of accumulated energy and plant's efficiency are presented. The experimental data of drying some kinds of vegetable raw products are analyzed; the data may be useful for the technologists of drying plants.

**Рахматов Орифжон**, к.т.н., доцент, каф. технологии первичной переработки с.-х. продукции, Гулистанский государственный университет, Республика Узбекистан. Тел.: +998-916211297. E-mail: glsu\_info@edu.uz, olimjon82@bk.ru.

**Нуриев Карим Катибович**, д.т.н., проф., каф. технологии первичной переработки с.-х. продукции, Гулистанский государственный университет, Республика Узбекистан. Тел.: +998-916218687. E-mail: karimnuri55@mail.ru.

**Rakhmatov Orifzhon**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair of Agricultural Products Primary Processing Technologies, Guliston State University, Republic of Uzbekistan. Ph.: +998-916211297. E-mail: glsu\_info@edu.uz, olimjon82@bk.ru.

**Nuriyev Karim Katibovich**, Dr. Tech. Sci., Prof., Chair of Agricultural Products Primary Processing Technologies, Guliston State University, Republic of Uzbekistan. Ph.: +998-916218687. E-mail: karimnuri55@mail.ru.

### Введение

Один из основных способов переработки сельскохозяйственной продукции – сушка, которая считается энергоемким процессом. Поиск новых способов и методов сушки, совершенствование существующих конструкций сушилок и разработка принципиально новых их вариантов, с учетом физико-биологических и реологических свойств высушиваемого сырья, является доселе актуальной проблемой.

В этом плане комбинированные солнечно-топливные сушилки позволяют реализовать свои преимущества перед другими способа-

ми. Для широкой реализации необходимо решить проблему повышения их энергетической эффективности, что определяет актуальность проблемы и её значимость для овощесушильной промышленности.

### Материалы и методы исследования

Для интенсификации процесса сушки сельскохозяйственных продуктов нами разработана комбинированная радиационно-конвективная сушилка с водяным аккумулятором (рис. 1, 2) [1].

Сушилка содержит O-образную вертикально установленную сушильную камеру 1,

имеющую прямоугольное сечение. Внутри камеры на тяговой цепи 4 подвешены грузонесущие серьги 5, на которые подвешены корзины 6 сетчатые, над каждой на расчетной высоте установлены лампы инфракрасного излучения 7 и парабола образного сечения рефлектор 8. ИК-излучатели через электрические шины подключаются к блоку питания 9. Установка снабжена вентилятором 10, электрокалорифером 11 и кольцевым регенератором тепла 12. Поверх корпуса сушильной камеры 1 с зазором 100 мм смонтирована внешняя камера 2, объемное пространство между которыми заполняется водой 3. В верхней точке камеры 2 предусмотрен «гусак» 13 для выброса излишней воды и дыхания водяной рубашки.

Для измерения температур сушильного агента внутри камеры 1 смонтированы капсулы для ртутных термометров 14, а в водяной рубашке – термопары 15, соединенные с многоточечным потенциометром 16 марки КСП-4 [2].

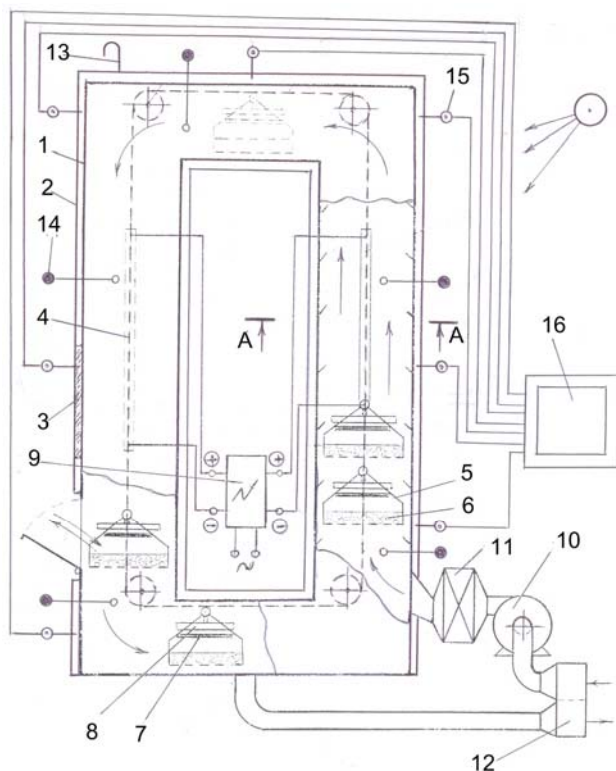


Рис. 1. Принципиальная схема комбинированной радиационно-конвективной сушилки

Для экспериментальной установки были использованы серийно выпускаемые стандартные оборудования и приборы:

1. Калорифер электрический СФО-3МТ, установленная мощность  $N = 22,5$  кВт.
2. Вентилятор центробежный Ц 4-70; № 5, производительность  $V = 6480$  м<sup>3</sup>/ч.
3. ИК-излучатели марки КГТ 220-500 (область спектра 0,8-2,8 мкм).

4. Самопишущий многоточечный электронный потенциометр КСП-4, число контролируемых точек – 8, термопары – ТХК (хромель – копелевая).

5. Термометры ртутные обыкновенные, шкала: 0-100°С.

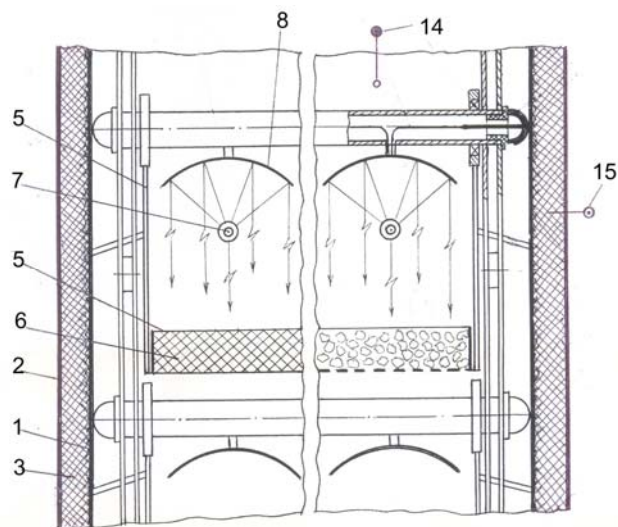


Рис. 2. Сечение А-А на рисунке 1 (повернуто на 90°)

Габаритные размеры сушильной установки с учетом водяной рубашки: длина – 2,9 м, ширина – 1,1, высота – 6,0 м. Размеры поперечного сечения рабочей камеры – 0,9 × 0,7 м. Объем водной рубашки – 4,384 м<sup>3</sup>. Общая внешняя поверхность водяной рубашки –  $F = 38,6$  м<sup>2</sup>, покрашена смесью «черный никель» с поглощающей способностью солнечной радиации  $\beta = 0,82 - 0,94$ .

Перед нами стояли следующие задачи:

- 1) определить количество тепла, поступающего от солнечной радиации;
- 2) исследовать продолжительность зарядки и разрядки теплоемкостного водяного аккумулятора при холостом режиме работы сушилки (без продуктов) за счет солнечной радиации;
- 3) определить коэффициент полезного действия установки в рабочем режиме;
- 4) обосновать целесообразность использования ИК-излучения на продолжительность сушки сельскохозяйственного сырья (на примере винограда, дыни, тыквы).

#### Результаты эксперимента

Для определения лучепоглощающей поверхности мы создали геометрическую модель сушилки из пенопласта в масштабе 1:10 и методом искусственного освещения с учетом угла падения солнечных лучей для наших широт  $\varphi = 39^\circ$  определили коэффициент затененности формы сушилки. Измерения показали, что коэффициент  $K_{\text{зат.}} = 0,67$  [3].

Тогда полезная лучепоглощающая поверхность реальной сушилки будет

$$F_{\text{пол.}} = F \cdot K_{\text{зат.}} = 38,6 \cdot 0,67 = 25,86 \text{ м}^2.$$

В летне-осенние месяцы для широты Ташкента мощность солнечной радиации составляет 400-660 Вт/м<sup>2</sup>. При этом на поверхность водяной бани поступает энергии в количестве  $Q_{\text{п.}} = F_{\text{пол.}} \cdot q_{\text{ср}} = 25,86 \cdot 530 = 13706 \text{ Вт} = 13,7 \text{ кВт}$ . За световой день при продолжительности солнечной инсоляции с 9:00 ч утра до 17:00 ч дня поступит 109,7 кВт·ч энергии. (Для сравнения: установочная мощность сушилки фирмы «Чачак» – Словения составляет 125 кВт·ч при производительности по сырью 1,5 т/сут.) [4].

Для исследования изменения температуры воды в рубашке и внутри самой камеры по высоте сушилки измеряли температуру в семи контрольных точках потенциометром КСП-4 и в пяти точках ртутными термометрами в течение 1 сут. через каждый час.

Было замечено, что в дневной период со временем температура аккумулирующей воды в рубашке растет от  $t_{\text{н}} = 30^{\circ}\text{C}$  до  $t_{\text{к}} = 65^{\circ}\text{C}$  за счет поглощения солнечной радиации. Также незначительно изменяется температура воздуха в восходящей части сушильной камеры за счет теплопередачи через стенки водяной рубашки.

После заката солнца начиная от 20:00 ч эти температуры падают за счет разрядки водяного аккумулятора. К 18:00 ч разница между нагретым воздухом (верхняя точка) и входящим воздухом (нижняя точка) составляет, соответственно, 7<sup>0</sup>С (период зарядки), а к утру 6:00 ч (период разрядки) – 3<sup>0</sup>С. Средняя температура внутри камеры изменяется от 30 до 56<sup>0</sup>С. За период аккумуляции энергии 4,384 м<sup>3</sup> воды объем рубашки накапливает

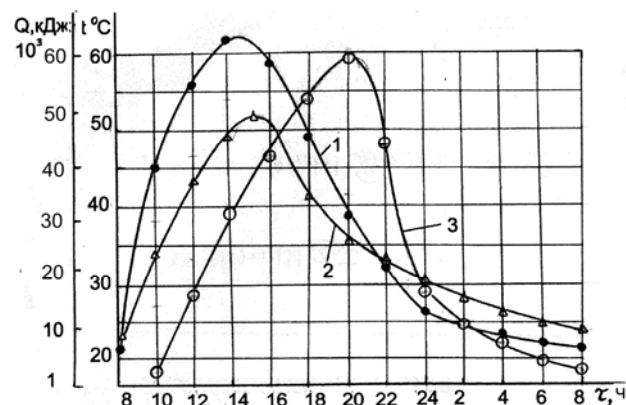
$$Q_{\text{п.}} = G_{\text{в.}} \cdot c_{\text{в.}} \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}) = 4,384 \cdot 4,19 \cdot 10^3 \cdot (55 - 25) = 55107 \text{ кДж тепла.}$$

После 20:00 ч происходит разрядка аккумулятора. Графики зависимости изменения температур воды и воздуха, а также аккумулярованной энергии за сутки показаны на рисунке 3.

Анализ показал, что за счет плохой естественной циркуляции воды внутри рубашки, зависящей от критериев Грасгофа (Gr) и Рейнольдса (Re), температура жидкости наверху и в нижней части различается и отличается. Для устранения этого эффекта необходимо создать принудительную циркуляцию воды, установив в нижней части водяной рубашки центробежный насос.

**Теоретические выкладки.** Для рациональной эксплуатации сушильной камеры, работающей с водяным аккумулятором солнечного тепла, наряду с теплофизическими свойствами воды и гидродинамическим режимом

ее циркуляции по объему водяной рубашки необходимо установить продолжительность зарядки и разрядки аккумулятора.



- – вода
- Δ – аккумулярованная энергия за 1 сут.
- – температура в камере

Рис. 3. Графики зависимости изменения температур воды, воздуха и аккумулярованной энергии за суши

Для определения продолжительности зарядки теплоемкостного водяного аккумулятора составим дифференциальное уравнение теплового баланса для его элементарного объема, в котором за промежуток времени  $d\tau$  приращение температуры составит  $dt_{\text{в.}}$ :

$$V \cdot c_{\text{в.}} \cdot dt_{\text{в.}} = \alpha \cdot (t_{\text{л}}^{\text{п}} - t_{\text{в.}}^{\text{н}}) \cdot d\tau, \quad (1)$$

где  $V$  – элементарный объем воды, м<sup>3</sup>;  
 $c_{\text{в.}}$  – теплоёмкость воды, 4,2·10<sup>3</sup> Дж/кг·град.;  
 $\alpha$  – коэффициент теплообмена между теплоносителем и водой;

$t_{\text{л}}^{\text{п}}$  – температура на поверхности водяной рубашки, <sup>0</sup>С;

$t_{\text{в.}}^{\text{н}}$  – начальная температура воды, <sup>0</sup>С.

Разделяя переменные уравнения (1) и интегрируя, получаем:

$$\tau = \frac{V \cdot c_{\text{в.}}}{\alpha} \cdot \ln \frac{t_{\text{л}}^{\text{п}} - t_{\text{в.}}^{\text{л}}}{t_{\text{л}}^{\text{п}} - t_{\text{в.}}^{\text{н}}}, \quad (2)$$

где  $t_{\text{в.}}^{\text{л}}$  и  $t_{\text{в.}}^{\text{н}}$  – температура воды в начале и конце зарядки.

Подставляя среднее значение  $\alpha$  для ламинарного режима движения воды в рубашке, можно найти время  $\tau$  [5].

Для нашего случая время зарядки и разрядки составило  $\tau = 8-10$  ч, без нагрузки сушилки (при холостом режиме работы).

При оценке тепловой эффективности сушильной установки воспользуемся следующей методикой.



Тепловая мощность, подводимая к сушильной камере за счет основного теплоносителя и поступающей солнечной радиации, определяется по формуле:

$$Q_{\text{подв}} = G_{\text{воз}} \cdot c_{\text{воз}} \cdot (t_{\text{воз}}^k - t_{\text{воз}}^h) + Q_n, \quad (3)$$

где  $G_{\text{воз}}$ ,  $c_{\text{воз}}$  – соответственно, расход и удельная теплоемкость сушильного агента (воздуха);

$t_{\text{воз}}^k, t_{\text{воз}}^h$  – соответственно, температура нагретого и поступающего воздуха;

$Q_n$  – тепло, поступающее от солнечной радиации. (В конкретном случае расход энергии на ИК-излучение нами в расчет не принимался.)

С другой стороны, общее подведенное тепло расходуется на испарение влаги из высушиваемого продукта ( $Q_{\text{исп}}$ ), на компенсацию тепловых потерь ( $Q_{\text{тп}}$ ) и уносится с обработанным сушильным агентом ( $Q_{\text{сб}}$ ) [6, 7], т.е.

$$Q_{\text{подв}} = Q_{\text{исп}} + Q_{\text{тп}} + Q_{\text{сб}}. \quad (4)$$

Значения  $Q_{\text{исп}}$ ,  $Q_{\text{тп}}$ ,  $Q_{\text{сб}}$  определяются из соответствующих выражений:

$$Q_{\text{исп}} = G_{\text{вл}} \cdot r; \quad (5)$$

$$Q_{\text{тп}} = \sum k_i \cdot F_i \cdot (\bar{t}_k - t_n); \quad (6)$$

$$Q_{\text{сб}} = G_{\text{воз}} \cdot c_{\text{воз}} \cdot (t_2 - t_n), \quad (7)$$

где  $G_{\text{вл}}$  – количество испарившейся влаги из продуктов;

$r$  – скрытая теплота парообразования;

$k_i, F_i$  – соответственно, коэффициент тепловых потерь и поверхность  $i$ -той стенки сушильной камеры;

$\bar{t}_k$  – средняя по высоте сушильной камеры температура сушильного агента;

$t_2, t_n$  – соответственно, температура обработанного и поступающего сушильного агента.

Среднее значение температуры сушильного агента:

$$\bar{t}_k = \frac{t_{\text{воз}}^k - t_{\text{воз}}^h}{\ln \frac{t_{\text{воз}}^k}{t_{\text{воз}}^h}}. \quad (8)$$

Для исследуемой сушки значение тепловой эффективности определяем как

$$\eta_k = \frac{Q_{\text{исп}}}{Q_{\text{подв}}} = 1 - \frac{Q_{\text{тп}} - Q_{\text{сб}}}{Q_{\text{подв}}}. \quad (9)$$

Для нашего случая при  $t_2 = 35; 40; 45; 50; 55^\circ\text{C}$   $\eta_k \approx 0,25 - 0,36$ .

При расчете не принималось во внимание тепло, зафиксированное в кольцевом регенераторе.

**Практическая апробация.** Для исследования воздействия ИК-излучения на продолжи-

тельность сушки сельскохозяйственного сырья были испытаны виноград «Кара-кишмиш», дыня, тыква.

Во всех экспериментах скорость движения грузовых люлек была постоянной  $V_n = 0,04$  м/с, область спектра ИК-излучения варьировала в диапазоне  $\lambda = 0,8-2,8$  мкм, плотность теплового потока  $q = 0-12$  кВт/м<sup>2</sup>, скорость воздуха в камере  $2,5 \text{ м/с} \leq V_g \leq 4,5 \text{ м/с}$ , время воздействия ИК-излучения задавали реле временем

$\tau_u = 20-45$  с. Оптимальный слой высушиваемого продукта обрабатывался в процессе проведения экспериментов.

**Сушка винограда.** Виноград укладывали на сетчатые поддоны размерами 800x600 мм из расчета 12-16 кг/м<sup>2</sup> в зависимости от плотности гроздей и крупности ягод (от 6 до 12 мм). Температуру сушильного агента регулировали нагрузкой на электрокалорифер в пределах 55-70<sup>0</sup>С, а его скорость – расходом воздуха. Эксперименты проводились при скоростях воздушного потока  $V_{\text{воз}} = 2,5-4,5$  м/с, плотности ИК-излучения  $q_{\text{изл}} \leq 1,1$  кВт/м<sup>2</sup> и время воздействия  $\tau_u = 10-40$  с.

Анализ опытных данных показал, что при возрастании плотности теплового ИК-потока от 0 до 0,5 кВт/м<sup>2</sup> скорость сушки в первый период почти не изменяется, а от 0,55 до 1,1 кВт/м<sup>2</sup> – увеличивается (расчетно) в 1,3 раза.

При возрастании скорости воздуха от 2,5 до 3,5 м/с постоянная скорости сушки увеличивается в 1,32 раза. При этом критическая влажность продукта снижается от 312 до 300%. Время сушки винограда составило  $\tau = 30$  ч.

Было отмечено, что при близком расположении ИК-излучателей к поверхности продукции центральная её часть подвергается интенсивному прогреву, тогда как крайние участки прогреваются недостаточно. Поэтому необходимо установить оптимальное расположение ламп и рефлектора, обеспечивающее угол захвата лучевым потоком всей поверхности обрабатываемого сырья.

**Вяление дыни.** Режимы сушки: температура воздуха  $t_b = 65-70^\circ\text{C}$ , плотность теплового потока варьировалась в пределах 0,8-2,0 кВт/м<sup>2</sup>, скорость воздуха – от 2 до 4 м/с, импульсная обработка ИК-лучами

$\tau_u = 20-30$  с при длине волны  $\lambda = 1,1-2,8$  мкм. Мякоть дыни экспериментировали при разных толщинах образцов: 4, 6, 8, 10 мм.

Анализ опытных данных показал, что в зоне сушки, при длине волны ИК-лучей, близких к  $\lambda = 2,8$  мкм обеспечивается интенсивное поглощение лучевой энергии молекулами воды. Благодаря этому ускоряется удаление влаги, время сушки составило  $\tau = 18$  ч при конечной влажности  $W_{\text{кон}} = 19\%$ . Удельные затраты энергии при вялении дыни от 85% влажности до 19% составляют 20500 кДж/кг высушенной продукции.

**Сушка тыквы и моркови.** Тыкву и морковь из-за жесткой структуры сушили россыпью толщиной слоя 15-20 мм, разрезав их ломтиками 7 x 7 x 30 мм. Температура сушки  $t = 70-85^{\circ}\text{C}$ . Плотность ИК-лучей до 2 кВт/м<sup>2</sup>. Время импульсной обработки  $\tau_{\text{и}} = 20-45$  с.

На основе экспериментов получены кривые зависимости сушки от толщины слоя продукта. При оптимальных значениях температуры теплоносителя  $t = 80 \pm 5^{\circ}\text{C}$  и  $q_{\text{изл}} = 1,5$  кВт/м<sup>2</sup> при скорости воздуха  $V_{\text{в}} = 3,5$  м/с влагосодержание резко уменьшилось в первые 3 ч, а затем замедлилось. Общее время сушки: для тыквы – 15 ч, для моркови – 14 ч.

(Экспериментально для вишни – 10 ч, груш – 6 ч, яблок, разрезанных  $\delta = 5-7$  мм, – 7 ч, лука шинкованного – 3-3,5 ч).

### Выводы

- предложена принципиально новая конструкция ИК-конвективной сушилки с различными вариантами энергоподвода;
- дана методика определения поступающей солнечной радиации на теплоаккумулирующую поверхность сушилки;
- определен КПД сушильной камеры;
- по результатам экспериментальных исследований процесса сушки некоторых видов сельскохозяйственного сырья предложены оптимальные значения режимов воздействия;
- предложенная сушильная установка имеет широкую область применения в сушильном деле.

### Библиографический список

1. Рахматов О., Нуриев К.К. Возможность использования люлечно-конвейерной сушилки для сельского хозяйства // *Фундаменталь-*

*ные и прикладные проблемы науки: матер. VI Междунар. симпозиума.* – М., 2011. – Т. 3. – С. 244-247.

2. Старостин В.А. Технологические измерения и контрольно-измерительные приборы в промышленности строительных материалов. – М.: Стройиздат, 1988. – 372 с.

3. Kocsis K. The use of agricultural residues for corn drying and stall heating // *Energy Conservation and Use of Renewable Energies in the Bio-Industries.* – Proc. 2nd Intl Seminar, Oxford, 6-10 Sept. 1982.

4. Искандаров З.С. Комбинированные солнечно-топливные сушильные установки. – Ташкент: Фан, 2005. – 187 с.

5. Чечеткин А.В. Высокотемпературные теплоносители. – М.: Госэнергоиздат, 1962. – 245 с.

6. Лыков А.В. Теплообмен: справочник. – М.: Энергия, 1978. – 480 с.

7. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической промышленности. – М.: Химия, 1972. – 432 с.

### References

1. Rakhmatov O., Nuriev K.K. *Vozmozhnost' ispol'zovaniya lyulechno-konveiernoi sushilki dlya sel'skogo khozyaistva // Fundamental'nye i prikladnye problemy nauki.* – Tom 3. – Mater. VI Mezhdunar. Simpoziuma. – M., 2011. – S. 244-247.

2. Starostin V.A. *Tekhnologicheskie izmereniya i kontrol'no-izmeritel'nye pribory v promyshlennosti stroitel'nykh materialov.* – M.: Stroizdat, 1988. – 372 s.

3. Kocsis K. The use of agricultural residues for corn drying and stall heating // *Energy Conservation and Use of Renewable Energies in the Bio-Industries.* – Proc. 2nd Intl Seminar, Oxford, 6-10 Sept. 1982.

4. Iskandarov Z.S. *Kombinirovannye solnechno-toplivnye sushil'nye ustanovki.* – T.: Fan, 2005. – 187 s.

5. Chechetkin A.V. *Vysokotemperaturnye teplonositeli.* – M.: Gosenergoizdat, 1962. – 245 s.

6. Lykov A.V. *Teploobmen (spravochnik).* – M.: Energiya, 1978. – 480 s.

7. Planovskii A.N., Nikolaev P.I. *Protsessy i apparaty khimicheskoi promyshlennosti.* – M.: Khimiya, 1972. – 432 s.

