

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОНВЕКТИВНОЙ ГЕЛИОСУШИЛКИ ФРУКТОВ

Сергей Коробка

Львовский национальный аграрный университет

г. Дубляны, ул. Владимира Великого 1

Sergij Korobka

Lviv National Agrarian University

Аннотация. Проанализированы результаты экспериментальных исследований процесса сушки фруктов, с целью интенсификации и разработки энергоэффективной технологии получения сухих продуктов.

Ключевые слова: сырье фруктов, экспериментальные исследования.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В практике имеется большое количество различных способов и методов сушки фруктов, в основном они основаны на теплофизических явлениях процесса испарения влаги из продукта. Это обуславливается специфическими свойствами химического состава клеток фруктов, которые характеризуются термолабильностью, а также повышенной чувствительностью к внешним факторам (изменения температуры и влажности, скорости теплоносителя, давления среды, скорости обезвоживания и т.д.) [1]. Для обеспечения процесса сушки необходимы значительные затраты тепловой энергии. В качестве тепла можно использовать энергию солнца, для этого необходимо иметь, конструкцию гелиосушилки с оптимальными параметрами.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Анализ литературных источников позволяет проследить и рассмотреть различные варианты солнечных гелиосушительных установок для сушки фруктов, где рассмотрено современное состояние и перспективы снижения энергозатрат в технологии сушки фруктов, технических средств сушки, перспективы использования гелиоустановок в процессе сушки фруктов [2, 3, 4, 5, 6].

Исследованием конструктивно - технологических параметров и технологии сушки фруктов в солнечных гелиосушительных установках посвящены труды ученых: Умарова

Г.Я., Тюрина Ю.Г., Умарова Г.Г., Сафонова М.М., Ачилова Б.М., Назарова Н. Г., Хусаинова У.М., Вагенаса Г.К., Карнеги Г.И. и другие [7, 8, 9, 10, 11].

Однако вопросу разработки и исследования технологических процессов сушки фруктов в солнечных гелиосушительных установках уделено недостаточно внимания, что требует дальнейшего решения.

ПОСТАНОВКА ЗАДАНИЯ

Обосновать конструктивно-технологические параметры гелиосушилки для сушки фруктов.

ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Нами предложена гелиосушилка, что имеет рамную конструкцию, в которой передняя фронталь состоит из приточного канала 1, входного коллектора, выполненного из светопрозрачного материала (стекла) и абсорбера. Абсорбер изготовлен из листового алюминия, покрытого термостойкой матовой черной краской ϵ'_λ - интегральный степень черноты, которой равен $\epsilon'_\lambda = 0,9$ ($\epsilon'_\lambda = 0,97$ для $(\lambda - \text{толщина слоя покрытия, мкм}) \lambda = 4,40 \text{ мкм}$ и $= 0,96$ для $\lambda = 8,8 \text{ мкм}$) 4. Как, дополнительный источник аккумуляции солнечного излучения используют аккумулятор 5, верхний слой которого, служит тепло воспринимающей поверхностью, и размещен в низу камеры.

Циркуляция подогретого воздуха (сушительного агента 1...2,13 м/с) обеспечивается осевым вентилятором 2, который работает в режиме нагнетания или всасывания. Между абсорбером и аккумулятором расположен воздухопровод, который осуществляет подачу сушительного агента (воздуха) к сушительной камере 6 [12].

Отвод отработанного сушительного агента и регулирование относительной влажности

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОНВЕКТИВНОЙ ГЕЛИОСУШИЛКИ ФРУКТОВ

воздуха в сушильной камере осуществляется через вытяжной канал 7, с установленным дефлектором, и теплоизолированной стенкой (рис. 1).

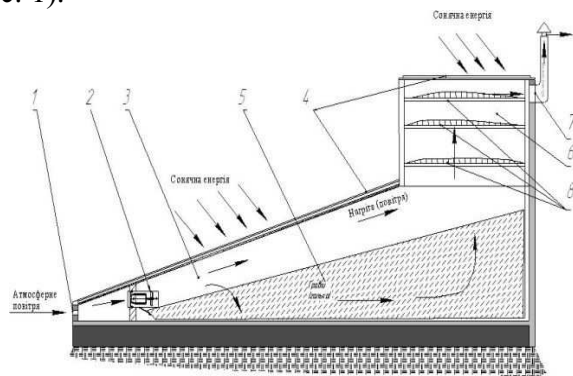


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема экспериментального образца гелиосушилки: 1 - приточный канал; 2 - осевой вентилятор; 3 - воздухопровод; 4 - воздушный коллектор; 5 - аккумулятор; 6 - сушильная камера; 7 - вытяжной канал (дефлектором); 8 - решетка

Fig. 1. Structural and technological scheme of the experimental sample geliosushilki: 1 - supply channel 2 - axial fan, and 3 - the air, 4 - air manifold, 5 - battery: 6 - drying chamber, 7 - exhaust duct (deflector) 8 - sieve

Гелиосушилка работает следующим образом. Решетка 8 заполняется фруктами на 3/4 своей площади. Воздух из окружающей среды под действием осевого вентилятора 2 поступает в воздухопровод, проходит между абсорбером входного коллектора и поверхностью аккумулятора, подогревается, поступает в сушильную камеру. Избыток тепловой энергии воспринимает аккумулятор.

Отработанный сушильный агент поступает в вытяжной канал, и удаляется. В ночное время гелиосушилка работает за счет тепла, накопленного в аккумуляторе [13].

Экспериментальные исследования гелиосушилки проведены для оценки следующих параметров: интенсивность излучения на воспринимающую поверхность, E Вт/м², температура окружающей среды, T_{oc} (°C), температура сушильного агента (теплоносителя), T_{ca} (°C), температура аккумулятора, $T_{ак}$ (°C), температура материала, T_m (°C); скорость движения сушильного агента, v_c м/с; влажность фруктов, W (%).

На основании этих данных можно рассчитать:

- количество полученной тепловой энергии гелиосушилкой, $Q_{те}$ (кДж);
- тепловую мощность гелиосушилки $Q_{гс}$ (Вт/м²);
- тепловую мощность аккумулятора $Q_{ак}$ (Вт/м³),
- расход теплоносителя, Q (м³).

Исследования проводились с 24 по 25 августа 2012 года.

С помощью специализированного программного обеспечения: TPara 8; UNI-T UT-362; UNI-T UT-70B; Graphik, можно снимать показания приборов (результаты измерений), изменять установку приборов, архивировать, осуществлять управление системой, регулирование, сигнализацию, поддерживать связь с ПК.

Для измерения температуры окружающей среды, теплоносителя, аккумулятора, использовалось 8 датчиков термосопротивления и восьмиканальный измеритель-регулятор температуры РТ-0102-8 с выводом результатов измерений на ПК. Температура и влажность фруктов измерялась прибором БФС-1А. Скорость циркуляции сушильного агента и расход теплоносителя, исследовали с помощью термоанемометрического измерителя УТ - 362. Поступление интенсивности солнечного излучения на воспринимающую поверхность, воздушного коллектора, измеряли фотоэлектронным измерителем MS6610 и счетчиком LB - 901. Дополнительно измеряли влажность воздуха, с помощью психрометрического измерителя РТ-0102.

Результаты исследований. Эффективность работы конвективной гелиосушилки зависит от факторов: ориентации воздушного коллектора, угла наклона его поверхности, географической широты для г. Корец - 50,61° (Ровенской области), а также загрязнение воздуха. В период проведения исследования среднее значение интенсивности солнечного излучения находилось в пределах 700 - 1100 Вт/м², однако стоит отметить, что максимум был зафиксирован 24 августа в 13:00 (1345,5 Вт/м²).

На примере двух, различных за облачностью неба дней, проследим, какое влияние имеет интенсивность солнечного излучения на коллектор. Проанализируем интенсивность солнечного излучения 24 августа. Этот

день был солнечным с небольшой облачностью в период с 10:00 до 13:00 часов, интенсивность солнечного излучения повысилась с 1135 до 1345,5 Вт/м², однако с 15:00 интенсивность - снизилась до 949 Вт/м², что отражено на рис. 2 [14].

25 августа с 14:00 небо стало затягиваться облаками, и интенсивность солнечного излучения на коллекторе изменилась с 1224 до 1053 Вт/м².

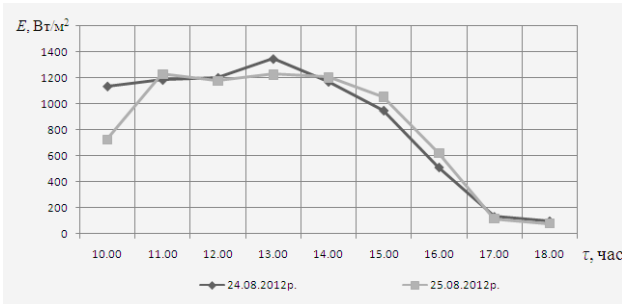


Рис. 2. Средняя интенсивность солнечного излучения в течение 24 и 25 августа 2012 года

Fig. 2. The average intensity of solar radiation at 24 and 25 August 2012 year

Проанализированы все параметры работы гелиосушилки двух исследуемых дней. В дневное время 24 и 25 августа мощность гелиосушилки равнялась в среднем 100 - 120 Вт/м².

Учитывая то, что действующая поглощающая поверхность гелиосушилки имеет 0,5 м², может получать в среднем 103 Вт/м²-163 Вт/м² тепловой энергии. Однако, согласно счетчика тепловой энергии, гелиосушилка изготовляла энергии в границах 20 - 180 Вт/м².

Графически (рис. 3) отразим мощность гелиосушилки, количество полученной тепловой энергии (рис. 4).

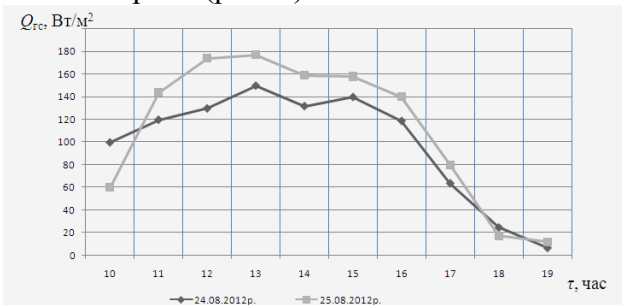


Рис. 3. Средняя мощность гелиосушилки течение 24 и 25 августа 2012 года

Fig. 3. Average power geliosushilki for 24, 25 August 2012 year

Формы графиков мощности и энергии, что получала гелиосушилка подобные. 24

августа гелиосушилка получила максимальную энергию 500 кДж, при максимальной мощности - 120 - 150 Вт/м² (о 14:00 и 16:00 часах) [15].

Максимальная мощность гелиосушилки была 25 августа, и равна 144 - 177 Вт/м², что привело к росту полученной энергии - 700 кДж (о 12:00 и 14:00 часах) [16].

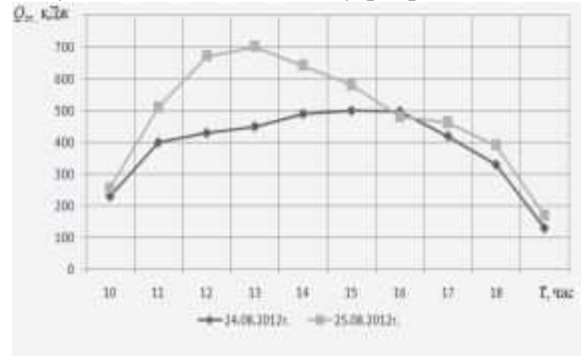


Рис. 4. Количество тепловой энергия полученной гелиосушилкойю 24 - 25 августа 2012 года

Fig. 4. Number of thermal energy produced-geliosushilkoyu 24 - 25 August, 2012 year

На рисунках 5 и 6 отображено температуру теплоносителя в разные периоды 24 - 25 августа. Следствии большой интенсивности солнечного излучения является повышение температуры теплоносителя, протекающего через коллектор. Так, 24 августа от 10:00 до 15:00 часов аккумулятор подогревался с 31,7 до 54,15°C, тогда, как 25 августа с 10:00 до 15:00 часов температура аккумулятора менялась с 32,45 до 53,55 °С.

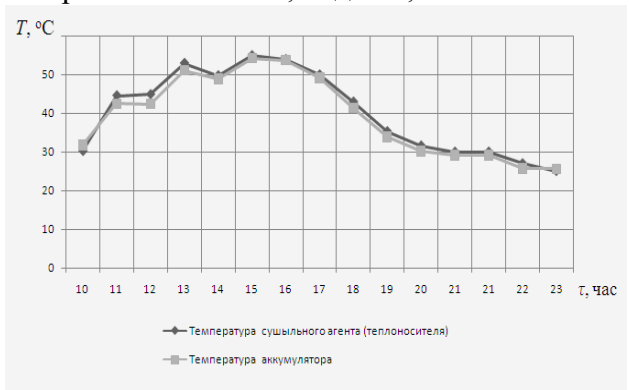


Рис. 5. Температура теплоносителя, протекающего через коллектор и аккумулятора в разные по интенсивности солнечного излучения периоды 24.08.2012 года

Fig. 5. Pour the coolant flowing through the collector and the batteryre different in the intensity of solar radiation, the period 24.08.2012 year

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОНВЕКТИВНОЙ ГЕЛИОСУШИЛКИ ФРУКТОВ

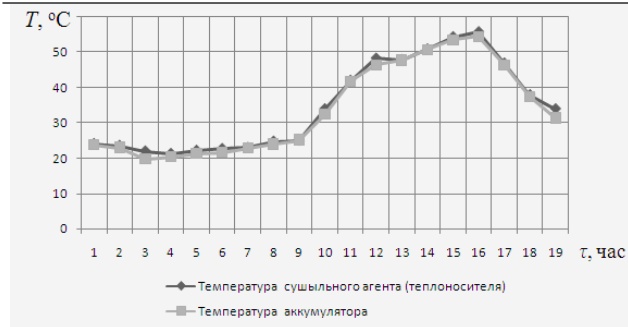


Рис. 6. Температура теплоносителя, протекающего через коллектор и аккумулятора в разные по интенсивности солнечного излучения периоды 25.08.2012 года

Fig.

6. The temperature of coolant flowing through the collector and the battery are different in the intensity of solar radiation, the period 25.08.2012 year

Подобным образом, изменялась и температура теплоносителя в солнечном коллекторе. 24 августа в 10:00, температура теплоносителя составляла 30,2 °С, с 13:00 до 15:00 теплоноситель нагрелся до максимальной температуры 55 °С, после чего с 15:00 до 19:00 температура теплоносителя снизилась до 35,3 °С.

25 августа теплоноситель с 10:00 до 13:00 часов нагревался от температуры 34 °С до температуры 48 °С, и в 16:00 достиг температуры 54,5 °С [17].

Характер изменения исследуемых параметров в сушильной камере в процессе сушки в дневное время суток представлен на рис. 7, в ночное время – рис. 8.

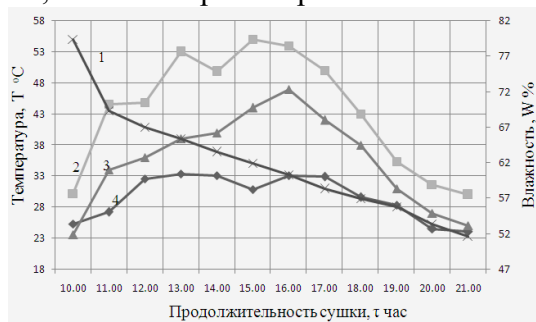


Рис. 7 Изменения температуры фруктов в дневное время суток: 1 – влажность фруктов; 2 – температура в сушильной камере; 3 – температура фруктов; 4 – температура окружающей среды

Fig. 7 Changes in the temperature of fruit during the day: 1 - humidity fruit; 2 - the temperature in the drying chamber; 3 - fruit temperature; 4 - ambient temperature

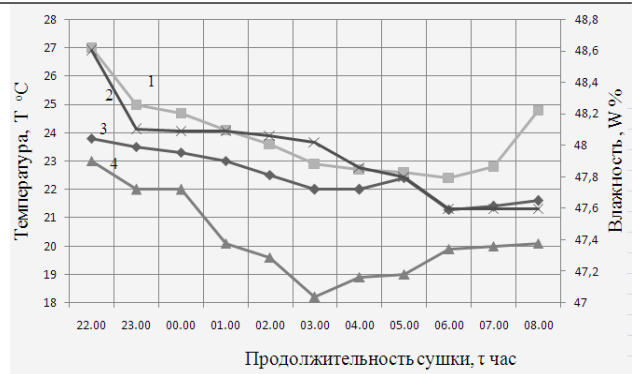


Рис. 8. Изменения температуры фруктов в ночное время суток: 1 – температура в сушильной камере; 2 – влажность фруктов; 3 – температура окружающей среды; 4 – температура фруктов

Fig. 8. Changes in temperature of fruit at night: 1 - the temperature in the drying chamber; 2 - humidity fruit; 3 - ambient temperature; 4 - fruit temperature

Так 24 августа в дневное время суток от 9:45 до 18:15 часов атмосферный воздух прогрелся с 25,3 до 30,4 °С, тогда, как в ночное время суток с 24 на 25 августа от 22:00 до 8:00 часов температура атмосферного воздуха изменялась с 21,6 °С до 23,8 °С.

Аналогически, менялась и температура в сушильной камере 24 августа в дневное время суток от 10:00, когда температура теплоносителя в сушильной камере была 31,3 °С.

В 14:00 теплоноситель нагрелся к максимальной температуре 55,1 °С, и поддерживался от 14:45 до 15:15, после чего от 15:45 температура снизилась к 54,3 °С [18, 19].

В ночное время суток 24 на 25 августа теплоноситель в сушильной камере от 22:00 до 6:20 часов снизился от температуры 27 °С до температуры 23 °С. В 8:00 часов теплоноситель равномерно подогрывается, достигает температуры 24,8 °С [20].

Диаграмму изменения температуры фруктов можно разделить на 3 зоны. С 10:00 до 12:00 плавный набор температуры: температура фруктов повышается от 23,6 до 36 °С. В 12:00 часов фрукты начинают более интенсивно прогреваться и в течение одного часа их температура достигает 39 °С. С 15:00 до 16:00 температура фруктов поднялась до 47 °С. Начиная с 17:30 интенсивность прогрева фруктов уменьшилась, и в 21:00 температура фруктов снизилась до 25 °С, и поддерживалась на указанном уровне в ночное

время сушки, для предотвращения повышения влажности (образование точки росы на сырье) [21].

Чем выше начальная влажность фруктов ($W_{\phi} = 79,4 - 47,86\%$), большая скорость сушки тем короче продолжительность сушки. Это объясняется тем, что в начале испаряется поверхностная влага ($W_{\phi} = 79,4 - 47,86\%$), а влага из внутренних слоев фрукта ($W_{\phi} = 47,86 - 47,6\%$) постоянно движется к внешним слоям, но не успевает подойти к внешней поверхности сырья ($W_{\phi} = 47,6 - 34,9\%$), в этот период наступает убывающая скорость сушки, и углубление зоны испарения внутрь сырья.

ВЫВОДЫ

Гелиосушилка обеспечивает гарантированное высушивание партии фруктов в течение 33 часов дневного и ночного времени. Удельная нагрузка составляет до 1 кг высушенных фруктов на квадратный метр площади горизонтального коллектора. При обеспечении сушки партий фруктов, с различной влажностью.

Обоснованны конструктивно - технологические параметры гелиосушилки: габаритные размеры гелиосушилки $1500 \times 500 \times 500$ мм; угол наклона нижнего коллектора к горизонту 30° , площадь нижнего коллектора - $0,5 \text{ м}^2$; масса гравийного аккумулятора - 50 кг/м^3 ; мощность привода осевого вентилятора - 120 Вт, количество полученной тепловой энергии гелиосушилкой, $Q_{\text{те}}$ - 100 - 700 кДж; тепловая мощность гелиосушилки $Q_{\text{те}}$ - 20 - 180 Вт/м²; тепловая мощность аккумулятора $Q_{\text{ак}}$ - 34 - 270 Вт/м³, температура аккумулятора $T_{\text{ак}}$ - 31,7 - 54,15 °С, параметры сушильного агента (теплоносителя): температура сушильного агента $T_{\text{са}}$ - 30 - 55 °С, скорость движения сушильного агента, $v_{\text{ц}}$ - 1 - 2,13 м/с; влагосодержание d - 10-200 г/кг сухого воздуха.

Предложенная конструкция солнечной гелиосушильной установки разрешает снизить энергозатраты в технологии сушки фруктов, за счет использования энергии солнца.

Решение научно-технической проблемы по улавливанию и преобразованию солнечной энергии в тепловую и использования ее для сушки фруктов, является актуальной и

на сегодняшний день. Особенно, на нынешнем этапе поиска и использования экологически чистых источников тепловой энергии в агропромышленном комплексе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Lykov A.V. 1968. Teoriya sushki, - М.: Energiya. 472.
2. Lykov A.V. 1970. Teplomassoobmen spravochnik, - М.: Energiya. 480.
3. Ginzburg A.S. 1973. Osnovy teorii i tekhniki sushki pishchevykh produktov, - М.: Pishch. promyshlennost'. - 528.
4. Ginzburg A.S. 1966. Infrakrasnaya tekhnika v pishchevoy promyshlennosti, - М.: Pishch. promyshlennost'. - 408.
5. Krisher A.P. 1961. Nauchnyye osnovy tekhniki sushki, - М.: Energiya. - 539.
6. Ekkert E.R., Dreyk R.M. 1961. Teoriya teplo- i massoobmena, - М.: Gosenergoizdat. - 680.
7. Funkcjonalnosczintegrowanego system ugrzewczego w ogrzewanychtunelachfoliowych / rraczbiorowa pod redakcji Slawomira Kurpaski. - Krakow: polskie towarzystwo inzynieri i rolniczej, 2004. 80.
8. Kats Z.A. 1972. Sushka pishchevykh produktov v vibrokipyashchem sloye,- М.: Energiya. 44.
9. Filonenko G.K. 1971. Sushka pishchevykh rastitel'nykh materialov,- М.: Energiya.440.
10. Nikitenko N.I. 1983. Teoriyateplo-massoperenosa, - М.: Energiya. 352.
11. Krasnikov V.V. 1988. Teoriya teplo-i massoobmena i yeye primeneniye,- М.: Pishchevaya prom. 345.
12. Lutsik R.V. 1992. Vzaimosvyaz' deformatsionno – relaksatsionnykh i teplomassoobmennyykh protsessov, - М.: Vysshayashkola. 183.
13. Anoshin I.M. 1970. Teoreticheskiye osnovy massoobmennyykh pishchevykh proizvodstv, - М.: Pishchevaya promyshlennost'. 344.
14. Achilov B.M., 2011. Wynikibadania przeprowadzonego przezsuszenie owocow geliosushilnoy karuzele instalacji, -Motrol. Lublin,- Tom 13B. 46–51.
15. Vagenas G.K. 2010. Kinytyka suszenia owocow / MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – Lublin, Vol. 12B.116–121.

16. Flaumenbaum B.L. 1986. Osnovy konservirovaniya pishchevykh produktov, – M.: Agropromizdat, 494.
17. Pleshkov B.P. 1987. Biokhimiya sel'skokhozyaystvennykh rasteniy, – M.: Agropromizdat, 494.
18. Telezhenko L.N. 2004. Biologicheskiye aktivnyye veshchestva fruktov i ovoshchey i ikh sokhraneniye pri pererabotke, – Odessa. 268.
19. Ivanova G.M. 1987. Teplotekhnicheskiye izmereniya i pribory: Uchebnik dlya vuzov, – M.: Energoatomizdat. 232.
20. Ginzburg A.S. 1990. Teplofizicheskiye kharakteristiki, – M.: Agropromizdat. 287.
21. Sergeyev O.A. 1976. O tochnosti absolutnykh izmereniy teplofizicheskikh kharakteristik veshchestv. Issledovaniya v oblasti teplovykh izmereniy, - L.: Energiya. 187.

**STUDY PARAMETERS AND OPERATING MODES CONVECTIVE GELIOSU-
HILKI FRUIT**

Summary. Examined the results of experimental studies of the process of drying fruit, in order to intensify the development of energy-efficient technologies that produce dry foods.

Key words: raw fruits, experimental research.