

О‘ЗБЕКИСТОН RESPUBLIKASI FANLAR AKADEMIYASI  
АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН  
О‘ЗБЕКИСТОН RESPUBLIKASI АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ  
VA KOMMUNIKATSIYALARINI RIVOJLANTIRISH  
VAZIRLIGI  
МИНИСТЕРСТВО ПО РАЗВИТИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ И КОММУНИКАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ  
УЗБЕКИСТАН

# ИНФОРМАТИКА VA ENERGETIKA MUAMMOLARI

**2·2021**

---

## ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАТИКИ И ЭНЕРГЕТИКИ

*Журнал под таким названием издается с января 1992 г.  
по 6 номеров в год*

Fan va texnologiyalar nashriyot-matbaa uyi

ТАШКЕНТ– 2021

9. Hantila F., Vasilin M., Ifrim C., Leuce T. Bounts for the difference between the computed and the exact solutions of nonlinear field problems // Electrotech. energ. Vol. 48. 2003. № 2–3.
10. Konstyre M.L., Shtanov A.N. Mathematical simulation of thyristor-controller indicicon genewator // Electrotecnical Tehnology. 1992. №1.

Ташкентский государственный технический  
университет им. Ислама Каримова  
Джизакский политехнический институт

Дата поступления  
05.04.2021

УДК 631.36

**Ш.М.МИРЗАЕВ, Ж.Р.КОДИРОВ**

## **УСТАНОВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЦЕССА СУШКИ АБРИКОСОВ НА ГЕЛИОСУШИЛКАХ**

Разработана экспериментальная солнечная сушилка прямого типа, на которой исследованы кинетические зависимости изменения влагосодержания и температуры осушаемых абрикосов сорта «Навай» от времени. Рассмотрены одновременно изменения состояния сушильного агента в процессе изменения осушаемого материала. На основе зарегистрированных, вычисленных результатов экспериментальных исследований и их анализа установлены два этапа технологии процесса сушки абрикосов на солнечных сушилках прямого типа с естественной циркуляцией сушильного агента: *1-й этап*—для сохранения и поддержания состава питательных веществ конечного продукта—урюка, рекомендована сушка абрикосов в солнечных сушилках прямого типа до завершения первой стадии А-сушки, т.е. до достижения влагосодержания в составе абрикосов 0.40% – 0.45%. *2-й этап* – рекомендуется продолжать осушение абрикосов в солнечных сушилках непрямого типа, у которых отсутствует прямое попадание солнечного излучения на поверхность осушаемых абрикосов.

**Ключевые слова:** сушильный агент, паровоздушная смесь, солнечная сушилка, солнечно-нагревательная камера, воздушно-подаваемая камера, влажная стадия, гигроскопическая стадия, стадия равновесия.

**Ш.М.Мирзаев, Ж.Р.Қодиров**

### **Ўрикларни қуритиш жараёни технологиясини гелиоқурилмаларда ўрнатиш**

Тўғридан-тўғри турдаги экспериментал куёш қуритгичи ишлаб чиқилган бўлиб, унда “Навой” навининг қуритилган ўриклари намлиги ва ҳарорати ўзгаришининг вақтга нисбатан кинетик боғлиқлиги ўрганилган. Шунингдек, қуритиладиган ўрикнинг ўзгариш жараёни билан қуритиш агенти ҳолатидаги ўзгаришлар бир вақтнинг ўзида кўриб чиқилган. Ўлчаб олинган, ҳисоблаб топилган экспериментал тадқиқотлар натижаларини таҳлил қилиш асосида тўғридан-тўғри турдаги куёш қуритгичларида ўрикни қуритиш технологиясининг икки босқичи ўрнатилди: 1-босқич- ўрик маҳсулотини асраш ва озикавий таркибини сақлаб қолиш учун тўғридан-тўғри куёш қуритгичларида ўрикларни қуритишнинг биринчи А-босқичи охиригача қуритиш тавсия этилади, яъни, ўрикнинг намлиги 0,40% – 0,45% етгунча. 2-босқич-бундан ташқари, қуритиладиган ўрик юзасида тўғридан-тўғри куёш нури тушмайдиган куёш қуритгичларида ўрикни қуритишни давом эттириш тавсия этилади.

**Калит сўзлар:** қуритиш агенти, буғ ва ҳаво аралашмаси, куёш қуритгичи, куёш иситиш камераси, ҳаво билан таъминланган камера, намли босқич, гигроскопик босқич, мувозанат босқичи.

## Establishment of drying process technology apricots on helioheaders

An experimental solar dryer of the direct type has been developed, on which the kinetic dependences of changes in the moisture content and temperature of dried apricots of the "Navai" variety on time have been investigated. Also considered are simultaneously changes in the state of the drying agent in the process of changing the material to be dried. On the basis of the registered, calculated and analysis of the results of experimental studies, two stages of the technology of the process of drying apricots on solar dryers of the direct type with natural circulation of the drying agent have been established: **Stage 1** - in order to preserve and maintain the nutrient composition of the final product apricot, it is recommended to dry the apricots in direct solar dryers until the completion of the first stage of A-drying, i.e. until the moisture content of the apricots is reached. **Stage 2** - further, it is recommended to continue draining the apricots in indirect solar dryers, which do not have direct sunlight on the surface of the dried apricots.

**Keywords:** drying agent, vapor-air mixture, solar dryer, solar heating chamber, air supplied chamber, wet stage, hygroscopic stage, equilibrium stage.

## Список обозначений

| Параметр           |   | Параметр                              |  |
|--------------------|---|---------------------------------------|--|
| $H$                | Высота камеры I сушилки                           | $u$                                   | Скорость сушки   |
| $L$                | Длина камеры I сушилки                            | $d_{a.c.}$                            | Влагосодержание агента сушки                           |
| $M$                | Ширина камеры I сушилки                           | $R_o$                                 | Прямая и рассеивающая солнечная радиация               |
| $h$                | Высота камеры II сушилки                          | $W$                                   | Количество испаренной влаги из абрикосов               |
| $F_{дно}$          | Площадь поверхности дна сушилки (камеры I)        | $F$                                   | Площадь дна, занимаемая осушаемыми абрикосами          |
| $F_{оср}$          | Площадь прозрачной поверхности ограждения сушилки | $T_{вх.}$                             | Температура входящих заслонок                          |
| $U$                | Влагосодержание осушаемых абрикосов               | $T_{вых.}$                            | Температура выходящих заслонок                         |
| $T_a$              | Температура поверхности осушаемых абрикосов       | $P_{вых.}$                            | Парциальное давление выходящих заслонок                |
| $T_{a.c.}$         | Температура агента сушки                          | $P_{вх.}$                             | Парциальное давление входящих заслонок                 |
| $d_{вх.}$          | Влагосодержание входящих заслонок                 | $\Delta L$                            | Расход воздуха сушилкой                                |
| $d_{вых.}$         | Влагосодержание выходящих заслонок                | $Q$                                   | Тепловая мощность сушильного агента                    |
| $\alpha$           | Коэффициент использования дна сушилки             | $\rho_{вых.}$                         | Плотность воздуха на выходных заслонках ( $T_{вых.}$ ) |
| $\beta_1, \beta_2$ | Углы наклонных прозрачных поверхностей сушилки    | $\varphi_{вх.}$ ,<br>$\varphi_{вых.}$ | Относительная влажность                                |

**Введение.** Сушка сельскохозяйственных продуктов является одним из важнейших процессов их хранения для продления срока их службы. Во многих странах сельскохозяйственные продукты сушат под открытым солнцем классическими способами. Однако такой способ сушки снижает качество

высушенных продуктов из-за воздействия внешних примесей и неравномерной скорости сушки и т.д.

Солнечные сушилки могут оказаться очень полезными устройствами с точки зрения энергосбережения. Они позволяют обойти некоторые из основных недостатков классической сушки [1, 2].

В солнечных сушилках с замкнутой системой солнечная энергия используется в качестве единственных источников необходимого тепла, а воздушный поток может создаваться естественной конвекцией.

Солнечная сушка, если она проводится должным образом, не только сохраняет продукты, но и поддерживает состав питательных веществ в конечном продукте [3].

Солнечная сушилка прямого типа с естественной конвекцией является наиболее экономичным типом солнечных осушителей, которые легко можно изготовить и использовать. Они не используют никакого вспомогательного оборудования и дешевле по сравнению с другими типами солнечных сушилок: солнечные сушилки непрямого типа; сушилки, работающие в смещенном режиме [3].

Целью данной статьи являются разработка солнечной сушилки прямого типа, экспериментальное исследование процесса-осушения абрикосов, и на ее основе установление их технологии солнечной сушки.

Для проведения экспериментальных исследований выбраны абрикосы сорта «Навои» овальной формы, в количестве 32.209кг, средние размеры плодов–36×33×31мм, средний вес 24–27г, кожица слегка блестящая, оранжевая с не густым малиново-красным румянцем. Косточка относительно небольшая, со средним размером 27×18×11мм, средний вес 3.13г.

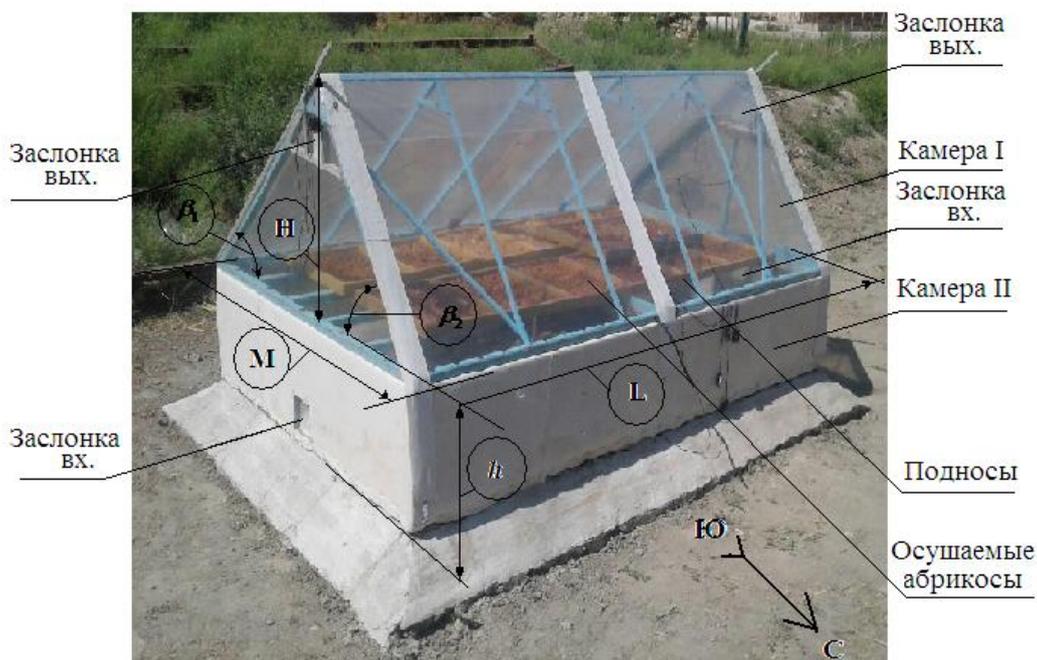


Рис.1. Экспериментальная солнечная сушилка прямого типа

Перед тем, как разместить в солнечную сушилку, абрикосы обрабатываются традиционным способом: калибровка, инспекция, мойка, бланшировка, окуривание.

#### Конструкция солнечной сушилки

Размеры солнечной сушилки были выбраны по формуле

$$\alpha = \frac{F_{\text{дно}}}{F_{\text{гор.}}} = \frac{2.06}{4.94+2.06 \frac{H}{L}}$$

Приняв коэффициент использования дна  $\alpha = \frac{F_{\text{дно}}}{F_{\text{гор.}}} = 0.36$  солнечной сушилки с углами наклонной поверхности (по которым поступают солнечные излучения) по отношению горизонта  $\beta_1 = 38^\circ$ ,  $\beta_2 = 52^\circ$  (учитывая географическую широту региона), разработали и использовали сушилка. На рис. 1 представлен реальный вид солнечной сушилки прямого типа.

Солнечная сушилка состоит из двух камер: солнечно нагреваемой камеры I; воздухо-подаваемой камеры II. Сушилка ограждена полиэтиленовой пленкой. Камера I изготовлена в форме параллелепипеда с неравносторонними треугольными основаниями. Камера II изготовлена в форме параллелепипеда с четырехугольными основаниями. Каркас каждой камеры выполнен из деревянных брусков размерами 30мм × 20мм. Обе камеры соединены между собой (см. рис.1) деревянными брусками, где устанавливаются подносы с осушаемыми абрикосами. В каждую боковую стенку камеры I устанавливаются заслонки, предназначенные для выхода агента сушки (паровоздушной смеси) изнутри камеры в окружающую среду. В каждую боковую стенку камеры II устанавливаются заслонки, предназначенные для входа воздуха из окружающей среды внутрь камеры II.

**Измерение.** Эксперименты по сушке абрикосов на солнечной сушилке прямого типа проводились в июльские дни 2020 г. с 09.07. по 13.07. и с 21.07. по 23.07. Солнечная сушилка эксплуатируется в научно-исследовательской лаборатории Бухарского государственного университета Республики Узбекистан. Все измерения проводились ежедневно с 9:00 до 18:00 ч (исключительно 09.07. и 10.07.). В табл. 1 представлены дни и длительность времени измерения.

Для измерения температур, относительной влажности агента сушки или влагосодержания воздуха, влагосодержания осушаемых абрикосов и прямой солнечной радиации использованы следующие электроизмерительные приборы: TUSER MANUAL MODEL TM-4; FURI FEJ-1000B; DIGITAL HYGRO-THERMOMETER; Цифровой гигроскопический термометр; Пиранометр универсальный М 80м. стрелочный актинометрический гальванометр ГСА-1.

Практическое определение необходимого времени сушки, обеспечивающее получение осушаемого материала заданной конечной влажности, может производиться по кинетическим зависимостям процесса сушки. Эти зависимости устанавливают закономерности изменения среднего влагосодержания и средней температуры осушаемых абрикосов от времени. Для полного рассмотрения процесса сушки также необходимо одновременно рассматривать изменение состояния агента сушки в процессе изменения осушаемого материала [4].

Таблица 1

Дни и время проведения измерения от 09.07.2020 до 23.07.2020

| Дни измерения                     |        |        |        |        |        |        |        |               |
|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|
| 09.07.                            | 10.07. | 11.07. | 12.07. | 13.07. | 21.07. | 22.07. | 23.07. | всего:8дней   |
| Длительность времени измерения, ч |        |        |        |        |        |        |        |               |
| 3                                 | 10     | 12     | 12     | 12     | 12     | 12     | 12     | Итого 85 дней |

Для установления кинетической зависимости процесса сушки абрикосов экспериментально решили исследовать графическим способом в виде совмещенных графиков кривых сушек скорости сушки  $u(\tau)$ , температуры осушаемых абрикосов  $T_a(\tau)$  и агента сушки  $T_{a.c.}(\tau)$ , а также влагосодержание агента сушки  $d_{a.c.}(\tau)$  и осушаемых абрикосов  $U(\tau)$  (рис.2).

Зарегистрированные средние значения суточных измерений солнечной радиации и количество испаренной влаги из абрикосов представлены в табл.2.

Средние значения суточного влагосодержания агента сушки  $d_{a.c.}$  выявлены, согласованы зарегистрированными средними значениями суточной относительной влажностью из  $i, d$  – диаграммы влажного воздуха.

Таблица 2

Результаты регистрации суммы прямой и рассеянной солнечной радиации  $R_o$  на горизонтальную поверхность и среднее значение количества испаренной влаги  $W$  в осушаемых абрикосах

| Время измерения   | 9.07.                    | 10.07.                   | 11.07.                   | 12.07.                  | 13.07.                  | 21.07.                  | 22.07.                  | 23.07.                  |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Прямая солнечная радиация, $\frac{\text{МДж}}{\text{м}^2 \times \text{час}}$                  | 1.641                    | 1.771                    | 1.684                    | 1.684                   | 1.771                   | 1.512                   | 1.728                   | 1.642                   |
| Количество испаренной влаги, $\frac{\text{кг}}{\text{час}}, \frac{\text{кг}}{\text{сут}}, \%$ | 2.330,<br>6.990,<br>21.7 | 0.747,<br>7.470,<br>23.2 | 0.419,<br>5.028,<br>15.6 | 0.228,<br>2.736,<br>8.5 | 0.107,<br>1.284,<br>4.0 | 0.067,<br>0.804,<br>2.5 | 0.073,<br>0.876,<br>2.7 | 0.038,<br>0.456,<br>1.4 |

Зарегистрированы среднесуточные температуры  $T_{a.c.}(\tau)$  и влагосодержание агента сушки  $d_{a.c.}(\tau)$  в виде кривых 1 и 2, в единицах измерений:  $^{\circ}\text{C}$  и  $10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{кг}}$  представлены на рис. 2, как их зависимость от времени протекания процесса сушки.

Зарегистрированы среднесуточные температуры  $T_a(\tau)$  и влагосодержание  $U(\tau)$  абрикосов и в виде кривых 3 и 4 в единицах измерений  $^{\circ}\text{C}$  и  $\frac{\text{кг}}{\text{кг}}$  представлены на рис. 2, как их зависимость от времени протекания процесса сушки.

На основе выше зарегистрированных данных выявлены средние значения суточной скорости сушки  $u(\tau)$  абрикосов за час времени по формуле [5]

$$u = \frac{W}{F \times \tau}$$

и в виде кривой 5, в единице измерений  $10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \times \text{час}}$  представлены на рис. 2 на графике зависимости от времени протекания процесса сушки.

Для убеждения в том, что в процессе сушки действительно внутри камеры солнечной сушилки прямого типа осуществляется естественная конвекционная циркуляция агента сушки, необходимо зарегистрировать среднечасовое значение температуры ( $T_{ex.}(\tau)$  и  $T_{вых.}(\tau)$ ) и относительную влажность ( $\varphi_{ex.}(\tau)$  и  $\varphi_{вых.}(\tau)$ ) агента сушки у входящих и выходящих заслонов. В табл. 3 представлены результаты регистрации  $T_{ex.}(\tau)$ ,  $T_{вых.}(\tau)$  и  $\varphi_{ex.}(\tau)$ ,  $\varphi_{вых.}(\tau)$ .

Воспользуемся (i-d) диаграммой влажного воздуха, выявив: среднечасовое значение плотности  $\rho_{вых.}(\tau)$ , влагосодержания  $d_{вых.}(\tau)$ ,  $d_{ex.}(\tau)$  и парциальные давления агента сушки  $P_{ex.}(\tau)$  и  $P_{вых.}(\tau)$  входящих и выходящих заслонов в течение суток (табл.3).

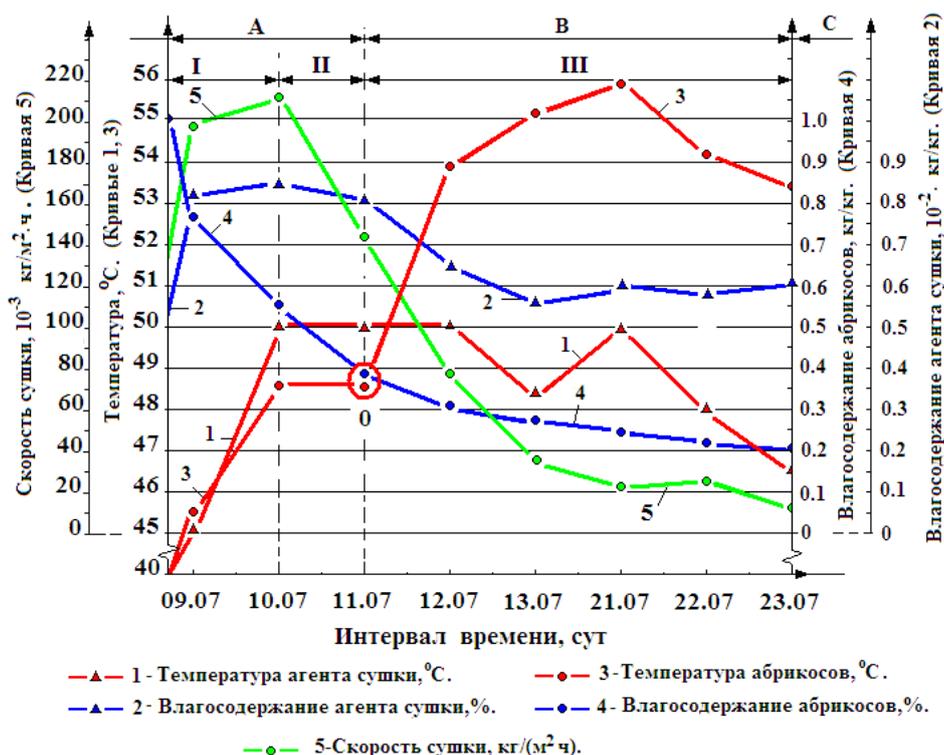


Рис.2. Стадии и периоды процесса сушки абрикосов: А, В и С – стадии, соответственно, влажного, гигроскопического и равновесного состояния абрикосов; I, II, III – периоды возрастающей, падающей скорости сушки; 1 и 2 – температура и влажность агента сушки; 3 и 4 – температура на поверхности осушаемых абрикосов и влажность абрикосов; 5 – скорость сушки

**Технические показатели.** Пользуясь полученными данными: плотность и влажность агента сушки у входящих и выходящих заслонов установим среднесуточным расходом воздуха  $\Delta L$  в солнечной сушилке на испарение влаги из осушаемых абрикосов [6]:

$$\Delta L = \frac{W}{\rho_g 0,001(d_{\text{вых.}} - d_{\text{вх.}})}$$

Результаты вычисления среднесуточного расхода воздуха  $\Delta L$  представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты зарегистрированных температур и относительных влажностей у входных и выходных заслонов сушилки

| Дни измерения | Отн. влажность у вх. заслонки, % | Отн. влажность у вых. заслонки, % | Температура у вх. заслонки, °С | Температура у вых. заслонки, °С | Парциальное давление воздуха у вх.заслом | Парциальное давление у вых заслонок, кПа. |
|---------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--|---|
| $\tau$ , сут. | $\varphi_{\text{вх.}}$           | $\varphi_{\text{вых.}}$           | $T_{\text{вх.}}$               | $T_{\text{вых.}}$               | $P_{\text{вх.}}$                         | $P_{\text{вых.}}$                         |
| 09.07.        | 21.6                             | 32.6                              | 40.1                           | 46.9                            | 3.2                                      | 3.4 (0.2)                                 |
| 10.07.        | 23.4                             | 35.5                              | 40.5                           | 47.2                            | 3.22                                     | 3.5(0.28)                                 |
| 11.07.        | 25.0                             | 33.9                              | 40.3                           | 45.0                            | 3.21                                     | 3.35(014)                                 |

Продолжение табл.3

|        |      |      |      |      |      |            |
|--------|------|------|------|------|------|------------|
| 12.07. | 18.6 | 24.0 | 42.5 | 47.5 | 3.25 | 3.45(0.2)  |
| 13.07. | 16.3 | 19.0 | 44.5 | 49.5 | 3.4  | 3.6(0.2)   |
| 21.07. | 18.0 | 24.6 | 42.4 | 47.4 | 3.25 | 3.45(0.2)  |
| 22.07. | 17.3 | 23.7 | 40.9 | 46.8 | 3.15 | 3.4(0.25)  |
| 23.07. | 16.4 | 21.6 | 41.2 | 46.8 | 3.20 | 3.36(0.16) |

Без учета потерь тепловая мощность агента сушки установлена по формуле (табл.4)

$$Q = \Delta L \cdot (P_{\text{вх.}} - P_{\text{вх.}}).$$

**Обсуждение.** По характеру взаимодействия влаги абрикосов и агента сушки (рис. 2) установим закономерность изменения среднего влагосодержания и средней температуры осушаемых абрикосов от времени сушки. По предложенному способу автора [4] процесс сушки абрикосов разделим на три стадии: влажную (А), гигроскопическую (В) и равновесное состояние (С) (см.рис. 2).

При стадии влажного состояния (А) процесс сушки абрикосов идет в основном путем испарения влаги с поверхности абрикосов (с верхних слоёв мякоти абрикосов) под воздействием 25-часового солнечного излучения с 09.07.2020 до 11.07.2020. Отметим, что в этой стадии температура агента сушки на  $\approx 1.5^{\circ}\text{C}$  больше температуры поверхности осушаемых абрикосов и на  $\approx 10^{\circ}\text{C}$  больше температуры окружающей среды. В этой стадии обсушиваются верхние слои (с кожухом вместе) мякоти абрикосов, и влагосодержание абрикосов достигает 0.40%,

Таблица 4

Установление среднечасового значения расхода воздуха солнечной сушилкой на испарение влаги из абрикосов

| Дни измерения  | 9.07.           | 10.07.        | 11.07.           | 12.07.           | 13.07.           | 21.07.         | 22.07.         | 23.07.         |
|--|-----------------|---------------|------------------|------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|
| Расход воздуха сушилкой, $\frac{\text{м}^3}{\text{час}}$                             | 699.1           | 212.6         | 97.4             | 76.1             | 35.2             | 15.2           | 15.9           | 8.4            |
| Тепловая мощность, $\frac{\text{кДж}}{\text{час}}$ , $\frac{\text{кДж}}{\text{сут}}$ | 139.8;<br>419.4 | 59.5;<br>595. | 13.64;<br>163.68 | 15.22;<br>182.64 | 13.64;<br>163.68 | 3.04;<br>36.48 | 3.98;<br>47.76 | 1.34;<br>16.08 |

В стадии гигроскопического состояния (В) испарение влаги продолжается с внутренних (глубинных) слоев мякоти абрикосов. Эта стадия длится в течение 60 ч под воздействием солнечного излучения с 12.07.2020 до 13.07.2020 и с 21.07.2020 до 23.07.2020. При этом может наблюдаться и обратный процесс, конденсирование и впитывание влаги массами мякотью верхних слоев осушаемых абрикосов от агента сушки. Отметим, что в этой стадии температура поверхности осушаемых абрикосов оказывается на  $6^{\circ}\text{C}$  больше температуры агента сушки. В таком раскладе температура кожуры абрикосов меняет сенсорное качество. На рис. 3 изображены реальные осушаемые абрикосы до А-стадии (см.рис.3, а) и осушаемые абрикосы в В-стадии (см.рис.3, в).

Стадия равновесного состояния (С) характеризуется отсутствием изменения количества влаги: в агенте сушки завершаются изменения влагосодержания в количестве  $\approx 0.006 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}$ , а у осушаемых абрикосов – в количестве 20.6%. Завершается процесс сушки абрикосов в течение 85 ч (8 дней) под воздействием

солнечного излучения и наступает равновесное состояние осушаемых абрикосов, производятся сухофрукты – урюк. Отметим, что в таком интервале времени абрикосы, осушаемые в открытом солнце, обладают влагосодержанием 38%.

Первую А–стадию по величине скорости сушки разделим на два периода: возрастающий (I) и падающий (II).

Первый период (I) характеризуется повышением температуры от температуры окружающей среды  $40^{\circ}\text{C}$  до температуры агента сушки  $50^{\circ}\text{C}$  и повышением влагосодержания от влагосодержания окружающей среды до влагосодержания агента сушки  $0.0085 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}$ .

В этом периоде скорость сушки резко возрастает до максимального значения  $210 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \times \text{ч}}$ .

Первый период (I) процесса осушения длится в течение 13 ч (09.07.2020 и 10.07.2020) под воздействием солнечного излучения.

Во втором периоде (II) сушки, когда скорость ее понижается (от  $210 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \times \text{ч}}$  до  $140 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \times \text{ч}}$ ), устанавливается тепловое равновесие (кривая 1) между количеством теплоты, подведенной к поверхности абрикосов и расходуемой на превращение воды в пар. При этом поверхность осушаемых абрикосов остаётся влажной, но влага поступает из внутренних слоев мякоти абрикосов по капиллярам.

Вторая стадия процесса В-сушки полностью соответствует периоду падения скорости сушки с  $140 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \times \text{ч}}$  до  $10 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \times \text{ч}}$ .

Причина повышения температуры агента сушки (кривая 1) по отношению температуре на поверхности абрикосов (кривая 3) и температуры окружающей среды объясняется следующим образом [7,8]:

- за счет поглощения солнечного излучения с длинами волн  $\lambda = (2.2 - 3.0) \text{ мкм}$ ;  $\lambda = (4.8 - 8.5) \text{ мкм}$ ;  $\Delta\lambda_3 = (12 - 30) \text{ мкм}$  молекулы водяных паров, находящиеся в составе агента сушки, получают дополнительную энергию;
- за счет этой энергии температура агента сушки повышается по отношению к температуре на поверхности абрикосов и окружающей среды.

**Механизм процесса сушки.** Механизм процесса сушки абрикосов в первой А-стадии. Проникшее через прозрачную поверхность сушилки солнечное излучение прямо поступает на поверхность осушаемых абрикосов, которые размещены с подносами внутри сушилки между камерами I и II, и нагревает их.

Из поверхностных слоев мякоти абрикосов испускаются водяные пары с достаточной концентрацией и постепенно, начиная с верхней части сушилки, заполняют объем камеры I. Водяные пары, перемешиваясь с воздухом, в камере I создают сушильный агент (паровоздушную смесь). В камере I агент сушки с повышенной температурой по отношению к поверхности абрикосов задерживается до тех пор, пока его температура (парциальное давление, относительная влажность – влагосодержание) не превысит температуру окружающей среды. За счет создания разницы температуры агент сушки через выходящие заслонки камеры I выбрасывается в окружающую среду. В этот момент из входящих заслонок в камеру II из окружающей среды поступает воздух. Такой расклад процесса сушки предотвращает перегрев поверхности кожуры абрикосов от непосредственного воздействия солнечного излучения.



*а*



*б*

**Рис. 3.** Натуральные изображения осушенных абрикосов: *а* – в конце первой А-стадии солнечной сушки, цвет светло – коричневый; *б*–в начале–конце второй В-стадии солнечной сушки, цвет темно–коричневый

#### *Механизм процесса сушки абрикосов во второй В-стадии*

*Вторая В-стадия процесса сушки абрикосов.* За счет продолжения нагревания поверхности плодов солнечными излучениями из внутренних слоев их мякоти испускаются водяные пары с малой концентрацией по отношению с концентрацией водяных паров в первой А-стадии. Такой расклад процесса сушки во второй В-стадии перегревает поверхность кожуры абрикосов.

**Закключение.** Таким образом, на основе вышепредставленных результатов экспериментальных измерений, вычислений и их анализов установили два этапа технологии процесса сушки абрикосов в солнечных сушилках.

*1-й этап*–для сохранения и поддержания состава питательных веществ конечного продукта–урюка. Рекомендуем сушить абрикосы в солнечных сушилках прямого типа до завершения первой стадии А-сушки, т.е. до достижения влагосодержания в составе абрикосов 0.40% – 0.45%.

*2-й этап*–далее рекомендуем продолжать сушить абрикосы в солнечных сушилках непрямого типа, у которых отсутствует прямое попадание солнечного излучения на поверхность осушаемых абрикосов.

Так как непосредственный процесс сушки абрикосов происходит в первой и во второй стадиях сушки, тогда первую А-стадию сушки рекомендуем осуществлять солнечными сушилками с естественной конвекционной циркуляцией прямого типа, а вторую В-стадию сушки–солнечной сушилкой непрямого типа.

#### ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Мадхлопа А., Нгвало Г. Солнечная сушилка с теплоаккумулятором и резервным нагревателем биомассы //Sol. Энергия, 2007. Т. 81. №. 4. С. 449–462.
2. Шафик Х., Экван М. Р. Экспериментальное исследование прямого и косвенного солнечного осушителя биомассы. Департамент машиностроения // IJSRSET. Vol. 3. 2017.Issue 5.
3. Чеботарев В.П. Теоретическое исследование процесса сушки неподвижного слоя зерна // Сельскохозяйственное машиностроение. Металлообработка.
4. [https://www.procushka.ru/148-raschyot-prodoc\\_zhtolnosti-sushki/html/](https://www.procushka.ru/148-raschyot-prodoc_zhtolnosti-sushki/html/).
5. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. Второе издание. М.: Изд-во “Энергия”, 1977. С. 182–193.
6. Chouicha S., Boubekri A., Mennouche D., Bouguetaia H., Berrbeuh M.H., Bouhafis S., Rezzoug W. Солнечная сушка с использованием трех различных солнечных осушителей // Энергия. 2014. № 50. С. 907–916.

7. Веселова Н.М., Нехорошев Д.Д., Меликов А.В. Энергетическая установка для сушки зерна за счет средств солнечной энергии // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. №8(62). С. 39–42.

Бухарский государственный университет

Дата поступления  
30.04.2021

## СОДЕРЖАНИЕ

### Информатика и управление

|  |    |
|--|----|
| Д.Т.Мухамедиева. Нечеткий культурный алгоритм для решения задачи оптимизации.....  | 3  |
| М. Сайдалиева, Ш.Ю. Исроилов, М.Б. Хидирова. Математическое моделирование регуляторных механизмов возникновения и развития патологий в функционировании центральной нервной системы..... | 12 |
| А.В.Кабулов, А.А.Каримов, Э.Р.Наврузов. Интеллектуальная система защиты информационной безопасности.....   | 19 |
| Д.К.Мухамедиева. Численное моделирование двухмерной популяционной динамики с нелокальным взаимодействием.....  | 30 |
| Х.Ж.Рахимбоев. Построения модели и алгоритма для оценки состояния органов самоуправления с применением нейронной сети.....   | 35 |
| Н.Х.Турсунов. Графовые модели управления строительством с применением облачных информационных систем.....  | 41 |
| С.Б.Набиев. Синтез компьютерной структуры производственно- технологической системы на основе оптимизации функционально- параметрической совместимости.....                               | 49 |

### Энергетика

|  |    |
|--|----|
| Т.С. Камалов, А.А. Шавазов, Б.Б. Тухтаев. Системный анализ режимов работы насосных станций систем машинного орошения.....  | 57 |
| Н.М. Арипов., Ш.Ш. Камалетдинов., Н.С. Тохиров. Снижение энергозатрат за счет внедрения системы автоматизированной выдачи предупреждений на поезда.....                          | 64 |
| О.З. Тоиров, М. Халикова. Разработка математической модели частотно-регулируемого электромагнитного вибродвигателя с учетом нелинейных зависимостей характеристик элементов..... | 77 |
| Ш.М.Мирзаев, Ж.Р.Кодиров. Установление технологии процесса сушки абрикосов на гелиосушилках.....   | 84 |

### Информационные и телекоммуникационные технологии

|   |     |
|---|-----|
| Ф.М.Нуралиев, У.Э.Гиясов. Перспективы и алгоритмы визуализации применения образования в виртуальной реальности.....   | 94  |
| М.М. Каримов, Н.Н. Очиллов. Создание алгоритмов для каталогов и журналов в защищенных файловых системах.....  | 104 |
| А. Х.Аликулов, Т. Г.Ядгаров. Разработка информационной базы данных для обеспечения связи данными в работе с системой MOODLE CLOUD в кредитной системе обучения..... | 111 |

## МУНДАРИЖА

### Информатика ва бошқарув

|   |    |
|---|----|
| Д.Т. Мухамедиева. Оптималлаштириш масаласини ечиш учун норавшан маданий алгоритм.....   | 3  |
| М. Сайдалиева, Ш.Ю. Исроилов, М.Б. Хидирова. Марказий асаб тизимининг ишлашида патологиялар пайдо бўлиши ва ривожланишини регулятор механизмларини математик моделлаштириш..... | 12 |
| А.В. Кабулов, А.А. Каримов, Э.Р. Наврузов. Ахборот хавфсизлигини химоялашнинг интеллектуал тизими.....  | 19 |
| Д.К. Мухамедиева. Икки ўчлчовли локал бўлмаган таъсирлашувчи популяцион динамикани сонли моделлаштириш.....   | 30 |
| Х.Ж. Рахимбоев. Нейрон тўрдан фойдаланган ҳолда ўзини ўзи бошқариш органларининг ҳолатини баҳоловчи модел ва алгоритм яратиш....  | 35 |
| Н.Х. Турсунов. Булутли ахборот тизимлари орқали қурилишни бошқаришнинг граф моделлари.....  | 41 |
| С.Б. Набиев. Функционал ва параметрик мосликни оптималлаштиришга асосланган ишлаб чиқариш ва технологик тизимнинг компьютер структурасини синтез қилиш.....                     | 49 |

### Энергетика

|  |    |
|--|----|
| Т.С. Камалов, А.А. Шавазов, Б.Б. Тухтаев. Машинали суғориш тизими насос станцияларининг иш режимларини тизимли таҳлил қилиш.....   | 57 |
| Н.М. Арипов., Ш.Ш. Камалетдинов., Н.С. Тохиров. Поездларга огоҳлантиришлар беришнинг автоматлаштирилган тизимини қўллаш орқали энергетик харажатларини камайтириш.....               | 64 |
| О.З. Тоиров, М. Халикова. Элементларнинг чизикли бўлмаган боғлиқлигини ҳисобга олиб частотавий бошқарилувчи электромагнит тебраниш двигателининг математик моделини ишлаб чиқиш..... | 77 |
| Ш.М. Мирзаев, Ж.Р. Қодиров. Ўрикларни қуриштириш жараёни технологиясини гелиоқурилмаларда ўрнатиш.....   | 84 |

### Ахборотли ва телекоммуникацияли технологиялар

|  |     |
|--|-----|
| Ф.М. Нуралиев У.Э. Ғиёсов. Виртуал реалликни таълим тизимида қўллаш истиқболлари ва визуаллаштириш алгоритмлари.....   | 94  |
| М.М. Каримов, Н.Н. Очиллов. Ҳимояланган файллар тизимида каталоглар ва журналлаш алгоритмларини яратиш.....  | 104 |
| А. Х. Aliqulov, Т. G. Yadgarov. Kredit o'qitish tizimida moodle cloud tizimi bilan ishlashni ta'minlash uchun axborot ma'lumotlar bazasini ishlab chiqish..... | 111 |