

3. Съем влаги составил 1,0–1,5%, что позволит сэкономить электроэнергию при окончательной сушке зерна.

### Литература

1. Кулик Г. Восстановить производство зерна – важнейшая задача для России // Российская Федерация сегодня. – 2011. – №4. – С.33–35.
2. Онхонова Л.О. Научные основы создания и применения универсальных аэрожелобов в процессах послеуборочной обработки зерна и семян / под ред. акад. Россельхозакадемии / В.И. Анискина. – М.: Изд-во ВИМ, 2000. – С. 250.
3. Пат. №108827 РФ, МПК F26B 3/00 (2006.01). Гелиосушилка / Онхонова Л.О., Николаев Г.М., Гомбожапов С.Д.; заявитель и патентообладатель Восточно-Сибирский гос. ун-т технологий и управления. – № 2011122255/28; заявл. 01.06.2011; опубл. 27.09.2011, Бюл. № 27. – 2 с.



УДК 631.363.258/638.178

Н.В. Бышов, Д.Е. Каширин

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ЦИКЛИЧЕСКОЙ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ ПЕРГИ В СОТЕ

*Описана методика эксперимента, позволяющего исследовать влияние скорости циркуляции теплоносителя на процесс конвективной циклической сушки перги в соте. Установлены эмпирические зависимости остаточной влажности перги от времени при применении предлагаемого способа сушки. Определена энергоемкость исследуемых технологических режимов.*

**Ключевые слова:** перга, влажность перги, циклическая конвективная сушка.

N.V. Byshov, D.E. Kashirin

### EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE MODES OF CYCLIC CONVECTIVE BEE-BREAD DRYING IN A HONEYCOMB

*The experiment technique which allows to research the influence of heat carrier circulation speed on the process of bee-bread convective cyclic drying in a honeycomb is described. Empiric dependences of bee-bread residual moisture on the time in the process of the proposed drying way application are determined. Energy capacity of the researched technological modes is determined.*

**Key words:** bee-bread, bee-bread moisture, cyclic convective drying.

**Введение.** Заготовленная пчелами свежая перга имеет влажность 24...28%. Требования ТУ 10 РФ 505-92 «Перга сушеная» допускают влажность продукта не более 18%. Многочисленные исследования показывают, что с целью доведения влажности продукта до требований ТУ наиболее целесообразно использовать конвективную сушку [1]. Традиционно конвективную сушку перги проводят следующим образом: атмосферный воздух разогревают до температуры 40...42°C и при его скорости 1,8...2,0 м/с обдувают перговые соты. Во время традиционной конвективной сушке влагоемкий потенциал теплоносителя используется незначительно, поэтому энергоемкость технологического процесса неоправданно высока и составляет 34...37 кВт·ч/кг получаемого продукта [2]. Для снижения энергоемкости процесса сушки нами предложено многократно использовать ограниченный объем теплоносителя. Замена теплоносителя свежим атмосферным воздухом происходит периодически при увеличении его влажности до 75...80%. Предложенный энергосберегающий способ сушки перги является одной из операций способа извлечения перги из сотов патент РФ №2185726 [3]. Для проведения сушки перги в предложенном нами энергосберегающем режиме разработаны специальные конструкции сушильных установок [4,5].

В связи с вышесказанным **цель экспериментального исследования** заключалась в определении влияния скорости циркуляции потока теплоносителя на энергоемкость предложенного способа сушки и скорость изменения относительной влажности перги.

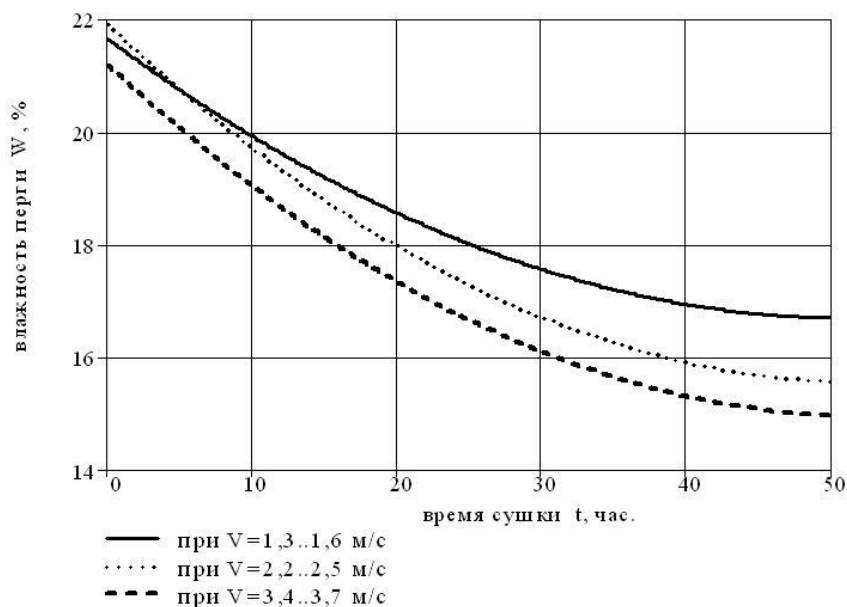
**Объекты и методы исследования.** Заготовленные для опыта соторамки разделяли на шесть групп, по 14 рамок в каждой группе. Масса каждой партии сотов, состоящей из 14 рамок, составляла  $12,5 \pm 0,3$  кг. Подготовленные к опыту соторамки хранили в плотно закрытых ульевых ящиках.

Исследуемую партию сотов размещали в сушильной камере. Терморегулятором задавали температуру теплоносителя  $41 \pm 0,5^\circ\text{C}$ , после чего установку приводили в действие. Периодически, через каждые 10 ч сушки, сушильную камеру открывали, из двух сотов отбирали пробы перги массой 2 г и контролировали текущую величину относительной влажности продукта. Влажность перги определяли в соответствии со стандартной методикой, приведенной в ТУ 10РСФСР 505-2 «Перга сушеная».

Сушку проводили в помещении с температурой воздуха  $16 \pm 2^\circ\text{C}$ , исследовали следующие диапазоны скорости циркуляции теплоносителя 1,3...1,6; 2,2...2,5; 3,4...3,7 м/с. Энергопотребление установки контролировали с помощью однофазного электромеханического счетчика электрической энергии: СО-505ГОСТ 6570-96.

Сушка каждой партии сотов при исследуемой скорости потока теплоносителя продолжалась на протяжении 50 часов. Опыты проводили с двукратной повторностью.

**Результаты исследования.** Посредством статистической обработки результатов эксперимента были установлены зависимости, которые представлены графически на (рис. ) и в виде математических моделей (1)–(3).



Графическая зависимость остаточной влажности перги в соте ( $W, \%$ ) от продолжительности конвективной циклической сушки  $t$ , при разных скоростях  $V$  циркуляции теплоносителя

$$W_1(t) = 21,657 - 0,192 \cdot t + 0,001857 \cdot t^2. \quad (1)$$

$$W_2(t) = 21,918 - 0,244 \cdot t + 0,002339 \cdot t^2. \quad (2)$$

$$W_3(t) = 21,2 - 0,239 \cdot t + 0,002286 \cdot t^2. \quad (3)$$

где  $W_1, W_2, W_3$  – остаточная абсолютная влажность перги при скоростях циркуляции теплоносителя  $V$ , принадлежащих интервалам: 1,3...1,6 м/с; 2,2...2,5 м/с; 3,4...3,7 м/с соответственно;  
 $t$  – продолжительность сушки, ч.

Критерием качества аппроксимации эмпирических данных полученными регрессионными моделями служит коэффициент детерминации, определяющий долю объясненной дисперсии в общей вариации результативной переменной:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_i (y_i - f(x_i))^2}{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}, \quad (4)$$

где  $y_i$  – средние значения опытных данных в  $i$ -й точке;  $\bar{y}$  – среднее значение наблюдений;

$f(x_i)$  – значение зависимой переменной, найденное по эмпирической формуле в точке  $x_i$ .

Значения коэффициента лежат в диапазоне [0;1]. Чем ближе  $R^2$  к единице, тем точнее подобранная модель аппроксимирует экспериментальные данные, тем теснее результаты наблюдения примыкают к линии регрессии.

Для моделей (1)–(3) значения  $R^2$  составляют соответственно 0,997, 0,998 и 0,999, что указывает на высокую точность построения зависимостей.

### Выводы

Анализ установленных зависимостей позволяет утверждать, что скорость циркуляции теплоносителя в сушильной установке является фактором, значимо влияющим на величину остаточной влажности перги в соте по окончании сушки. Особенно эффективно влажность продукта снижается на протяжении первых 30 ч исследуемого процесса, после чего процесс удаления влаги из продукта замедляется.

Энергоемкость технологического процесса для диапазонов скорости циркуляции теплоносителя 1,3...1,6; 2,2...2,5; 3,4...3,7 м/с составила 13,1, 13,5, 15,4 кВт·ч/кг соответственно. На основании полученных результатов исследования появляется возможность выбора требуемого режима сушки продукта.

Предложенный способ сушки перги позволяет снизить энергоемкость технологического процесса более чем в два раза.

### Литература

1. Каширин Д.Е., Харитонов М.Н. Качество перги, стабилизированной различными способами, в процессе ее хранения // Инновационные технологии в пчеловодстве: мат-лы науч.-практ. конф. (21–23 нояб. 2005 г.). – Рыбное, 2006. – С. 195–197.
2. Некрашевич В.Ф., Бронников В.И., Винокуров С.В. Способы сушки перговых сотов // Сб. науч. тр. – Т 2 / КГСХА. – Кострома, 2000. – С. 58–59.
3. Пат. № 2297763 Российская Федерация. Способ извлечения перги из сотов / Д.Е. Каширин. Оpubл. 27.04.2007, Бюл. № 12.
4. Пат. № 2275563 Российская Федерация. Установка для сушки перги в сотах / Д.Е. Каширин. Оpubл. 27.04.2006, Бюл. № 12.
5. Пат. № 2391610 Российская Федерация. Установка для сушки перги / Д.Е. Каширин. Оpubл. 10.06.2010, Бюл. № 16.

