

*Демидов Сергей Федорович*

канд. техн. наук, доцент

*Чехина Елена Георгиевна*

магистрант

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный  
исследовательский университет информационных  
технологий, механики и оптики»

г. Санкт-Петербург

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ЗЕРЕН КОФЕ ПЕРЕД ОБЖАРКОЙ ИНФРАКРАСНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ**

*Аннотация:* в работе представлены экспериментальные исследования процесса сушки зерен кофе инфракрасным излучением в зависимости от плотности теплового потока и высоты слоя продукта.

*Ключевые слова:* сушка, инфракрасное излучение, зерна кофе, влагосодержание.

В Институте НИУИТМО на кафедре Технологические машины и оборудования проводятся работы по сушке пищевых продуктов инфракрасным излучением [1–4], разработке аппаратов [5; 6]. Данное исследование посвящено подсушке зерен кофе перед обжаркой инфракрасным излучением выделенной длиной волны 1,5–3,0 мкм, исследование кинетики подсушки зерен кофе перед обжаркой инфракрасным излучением выделенной длиной волны проводились на лабораторной установке (рис. 1), в которой в качестве источника излучения длиной волны 1,5–3,0 мкм использовались линейные кварцевые излучатели диаметром 0,012 м с керамической функциональной оболочкой [5; 6]. Продукт располагали на сетчатом поддоне из нержавеющей стали. Инфракрасные излучатели располагали сверху и снизу относительно слоя зерен кофе. Для измерения влагосодержания зерен кофе применялся анализатор влажности ЭЛВИЗ. Измерение температуры поверхности слоя зерен кофе производилось при помощи инфракрас-

ного термометра RaytekMiniTemp МТ6. Зерна кофе высотой слоя 20–40 мм с влажностью 9.95 кг/кг равномерно распределяли на сетчатом поддоне из нержавеющей стали в сушильной камере, и при заданных параметрах, слой зерен кофе подвергался ИК – обработке с двух сторон. Расстояние между ИК – излучателями составляло 150 мм. Продолжительность инфракрасной сушки зерен кофе выделенной длиной волны при заданных плотностях теплового потока определяется временем достижения заданного конечного влагосодержания продукта 5,5–5,6 кг/кг, температуры в центре слоя и на поверхности слоя зерен кофе 55–58°C. Необходимое число повторов эксперимента найдено по методике, изложенной в работе [7] с помощью распределения Стьюдента при уровне надежности 0.95 и допустимой ошибке +/- 5%. Адекватность полученных уравнений проверена по критерию Фишера [7].



Рис. 1

В результате статической обработки результатов экспериментов получено уравнение регрессии, адекватно описывающее процесс сушки зерен кофе:

$$Y = 18,21 - 9,2Z_1 + 0,53Z_2 - 0,06Z_1Z_2 \quad (1)$$

где  $Y$  – время сушки, мин;

$Z_1$  – величина плотности теплового потока, от 1,65 до 1.95 кВт/м<sup>2</sup>;

$Z_2$  – высота слоя зерен кофе на сетчатом поддоне, от 20 до 40 мм;

На рисунке 2 представлены графики зависимости среднего влагосодержания зерен кофе слоя 20 мм, 40 мм, плотность теплового потока  $1,65 \text{ кВт/м}^2$ ,  $1,95 \text{ кВт/м}^2$  от времени сушки.

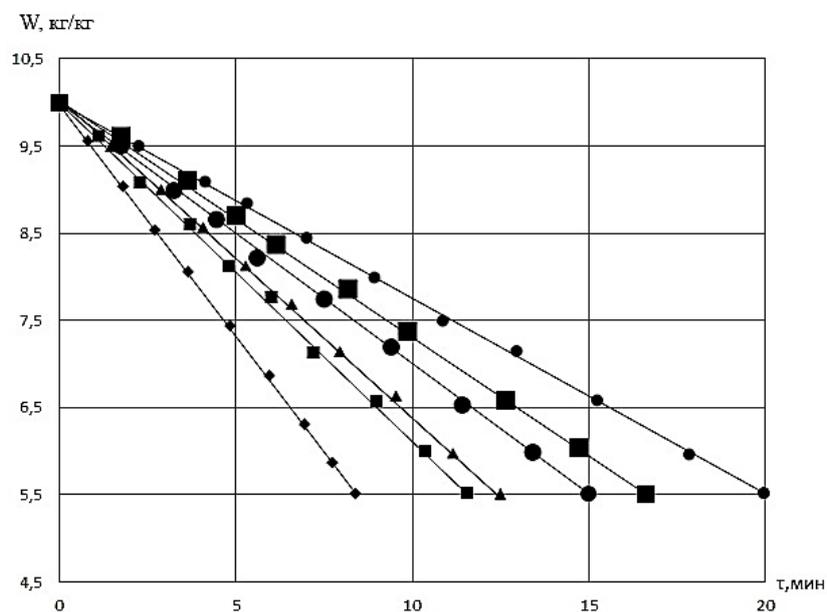


Рис. 2

На рис. 2 – зависимость процесса сушки инфракрасным излучением зерен кофе высотой слоя 20 мм (кривая 3, 6), высотой слоя 30 мм (кривая 2, 5) при и высотой слоя 40 мм (кривая 1, 4) плотности теплового потока  $1,65 \text{ кВт/м}^2$  (кривая 1, 2, 3), плотности  $1,95 \text{ кВт/м}^2$  (кривая 4, 5, 6).

Процесс сушки зерен кофе высотой слоя 20 мм, 30 мм, 40 мм протекает в периоде постоянной скорости. Длительность процесса в значительной мере определяется высотой слоя продукта и плотностью теплового потока. Анализ кривых (1, 3 и 4, 6) показал, что время инфракрасной сушки продуктов от начального до конечного влагосодержания при плотности теплового потока  $1,65 \text{ кВт/м}^2$  высоты слоя от 20 мм до 40 мм увеличивается на 8–9 мин при плотности теплового потока  $1,95 \text{ кВт/м}^2$  высоты слоя от 20 мм до 40 мм увеличивается на 8–8,5 мин.

Данные исследования будут использованы для аппаратурного оформления процесса обжарки зерен кофе инфракрасным излучением выделенной длины волны для производства молотого кофе.

### *Список литературы*

1. Демидов С.Ф. Исследование температурного поля инфракрасной нагревательной системы для сушки зародышей зерна пшеницы и ржаных отрубей / С.Ф. Демидов, Б.А. Вороненко, С.С. Беляева, В.И. Марченко // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – №1. – 2013.
2. Демидов С.Ф. Некоторые закономерности процесса инфракрасной сушки семян подсолнечника для семенного фонда / С.Ф. Демидов, Б.А. Вороненко, А.С. Демидов, О.А. Бакк // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – №2. – 2013.
3. Демидов А.С. Сушка семян подсолнечника инфракрасным излучением / А.С. Демидов, Б.А. Вороненко, С.Ф. Демидов // Новые технологии. – 2011. – Вып. №3. – С. 25–30.
4. Демидов С.Ф. Исследование температурного поля инфракрасной нагревательной системы для сушки зародышей зерна пшеницы и ржаных отрубей / С.Ф. Демидов, Б.А. Вороненко, С.С. Беляева, В.И. Марченко // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. – №1. – 2013.
5. Патент 2463538 Российская Федерация, МПК F26B 3/30. Многоярусная камера инфракрасной сушки [Текст] / Д.А. Ободов, С.Ф. Демидов, Б.А. Вороненко, В.В. Пеленко; заявитель и патентообладатель Д.А. Ободов. №2010151818/06; заявл. 17.10.2010; опубл. 10.10.2012, Бюл. №28.
6. Патент 2010131602 Российская Федерация, МПК F26B 3/00. Устройство для инфракрасной сушки семян [Текст] / С.Ф. Демидов, Б.А. Вороненко, В.В. Пеленко, А.С. Демидов, М.В. Агеев, И.И. Усманов; заявитель и патентообладатель Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий. – №2010131602/06; заявл. 28.07.2010; опубл. 10.02.2012, Бюл. №4.
7. Ахназарова С.Л. Методы оптимизации эксперимента в химической технике: Учеб. пособие для химико-технологических вузов / С.Л. Ахназарова, В.В. Кафаров. – 2-н изд., перераб. – М.: Высш. школа, 1985. – 327 с.