

УДК 66.047.3.085

## **Исследование процесса сушки семян подсолнечника семенного фонда инфракрасным излучением**

*Канд. техн. наук* **Демидов С.Ф.**, demidovserg@mail.ru,  
*д-р техн наук, проф.* **Вороненко Б.А.**, voronenkoboris@mail.ru  
*канд. техн. наук* **Демидов А.С., Бакк О.А.**  
*Университет ИТМО*  
*Институт холода и биотехнологий*  
*921002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9*

*Проведено исследование процесса сушки семян подсолнечника семенного фонда инфракрасным излучением выделенной длины волны при достижении заданного влагосодержания и не превышающей температуры 44- 46 °С на поверхности слоя обрабатываемого материала в зависимости от высоты слоя продукта, плотности теплового потока, расстояния от инфракрасного излучателя до продукта.*

*Ключевые слова:* инфракрасное излучение, семена подсолнечника, сушка.

---

## **Investigation of the drying process sunflower seed fund by infrared radiation**

**Demidov S.F.**, demidovserg@mail.ru,  
**Voronenko B.A.**, voronenkoboris@mail.ru,  
**Demidov A.S., Bakk O.A.**  
*University ITMO*

*Institute of Refrigeration and Biotechnologies*  
*191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9*

*Research of process of drying of seeds of sunflower of seed fund by the infrared radiation of the allocated length of a wave is conducted at achievement of the set moisture content and not exceeding temperature of 44 - 46 °C on a surface of a layer of a processed material depending on height of a layer of a product, density of a thermal stream, distances from an infrared radiator to a product.*

*Keywords:* infrared radiation, sunflower seed, drying.

---

Анализ механико-технологических параметров серийно выпускаемых сушилок показал, что эти установки предназначены, в основном, для обработки зерновых культур [1-5].

Производимая сушильная техника не отвечает всем технологическим особенностям сушки подсолнечника, как для семенных целей, так и для товарного производства (получение масла). В этой связи, решение задач по обоснованию и разработке технологии, конструкции и рекомендаций для сушильной техники, предназначенной для сушки семян подсолнечника, является одной из актуальных задач народного хозяйства. Ее решение может гарантировать снижение потерь семян при послеуборочной обработке и обеспечить качественную сохранность материала.

Одним из современных и эффективных способов обработки свежееубранных семян является инфракрасная сушка, которая в сочетании с очисткой обеспечивает сохранность семян в течение определенного времени

Перспективы использования инфракрасной сушки свежееубранных семян подсолнечника объясняются тем, что этот способ сушки отличается достаточно высокой интенсивностью, экономичностью и позволяет сохранить питательные и посевные качества семян.

В соответствии с нормативами, семенной фонд хранят в тканевых мешках, в сухих, чистых, обеззараженных помещениях. Мешки укладывают на деревянные поддоны. Во время хранения семенного материала проводят его обеззараживание.

В Институте холода и биотехнологий СПбГУ ИТМО проводятся работы по сушке пищевых продуктов инфракрасным излучением [6-11].

Целью данной работы является исследование процесса сушки семян подсолнечника семенного фонда инфракрасным излучением выделенной длины волны при достижении температуры на поверхности продукта не более 44- 46 °С.

Для исследования процесса сушки семян подсолнечника семенного фонда был разработан экспериментальный стенд (рис.1).

В сушильной камере (2) установлены инфракрасные излучатели (1) с отражателями. В качестве генераторов ИК - излучения применены линейные кварцевые излучатели (1) диаметром 0.012 м с функциональной керамической оболочкой [1]. ИК - излучатели (1) установлены сверху и снизу относительно сетчатого поддона с подложкой из нержавеющей сетки(3) с шагом 2 мм, который может перемещаться с помощью направляющих в вертикальном направлении. На подложку из нержавеющей сетки помещается продукт. Перемещение поддона позволяет регулировать расстояние между инфракрасными излучателями (2) и поддоном (3). Скорость воздуха обдува слоя семян подсолнечника семенного фонда составляло 0,35 м/с.

Для регулировки плотности теплового потока, падающего на объект сушки, меняются значения сопротивления нихромовой спирали ИК - излучателя.

Для измерения напряжения на клеммах ИК - излучателей (1) в диапазоне 210-220В используется вольтметр.

Для снятия температурных полей в объектах сушки используются хромель-алюмелевые ТХА 9419-23 термодпары градуировки ХА<sub>94</sub> с диаметром проволоки  $6 \cdot 10^{-4}$  м (6).

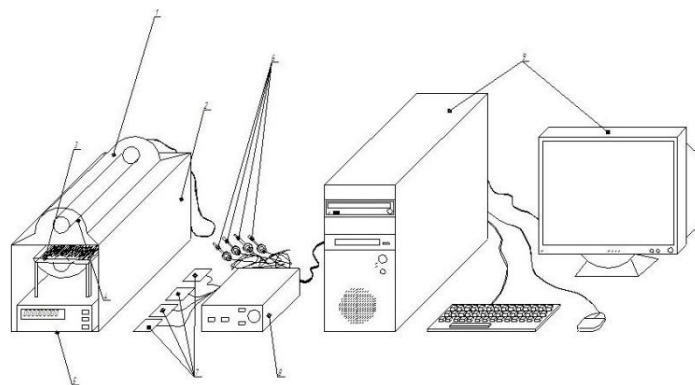


Рис. 1. Экспериментальный стенд для исследования процесса сушки семян подсолнечника семенного фонда инфракрасным излучением.



Рис. 2. Фото экспериментального стенда.

Измерение температуры поверхности облучаемого материала производится при помощи дистанционного неконтактного инфракрасного термометра Raytek MiniTemp МТ6.

Измерение плотности теплового потока осуществлялось при помощи термоэлектрических датчиков плотности теплового потока ДТП 0924-Р-О-П-50-50-Ж-О(7).

Измеритель температуры ИТ-2 в комплекте с преобразователями плотности теплового потока (7) и ТХА (ХА94) термопарами используется в качестве устройства автоматизированного сбора и обработки информации.

Убыль массы семян подсолнечника семенного фонда в процессе сушки измеряется устройством автоматического взвешивания (5), разработанного на базе электронных аналитических весов GF-600.

Для измерения влажности семян подсолнечника семенного фонда используется анализатор влажности ЭЛВИЗ-2.

Нами был использован метод экспериментально-статистических исследований, в результате которых получили эмпирическую математическую модель изучаемого процесса (уравнение регрессии). В дальнейшем ею используем для управления процессом – нахождения оптимальных условий его проведения и создания этих условий [12, 13].

Таблица 1

Таблица экспериментальных данных исследований процесса сушки семян подсолнечника семенного фонда.

№ п/п	Высота слоя семян подсолнечника, мм $Z_1$	Плотность теплового потока, кВт/м <sup>2</sup> $Z_2$	Расстояние от ИК-излучателей до слоя семян подсолнечника, мм $Z_3$	Влажность семян подсолнечника, кг/кг $Z_4$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	Значение отклика, Y (мин.)
1	20	3,33	60	19	-1	1	-1	1	41,40
2	20	3,33	60	15	-1	1	-1	-1	29
3	20	2,84	60	19	-1	-1	-1	1	46,30
4	20	2,84	60	15	-1	-1	-1	-1	33
5	20	3,33	70	19	-1	1	1	1	43
6	20	3,33	70	15	-1	1	1	-1	30
7	20	2,84	70	19	-1	-1	1	1	48
8	20	2,84	70	15	-1	-1	1	-1	34,30
9	30	3,33	60	19	1	1	-1	1	44
10	30	3,33	60	15	1	1	-1	-1	30,48
11	30	2,84	60	19	1	-1	-1	1	46,40
12	30	2,84	60	15	1	-1	-1	-1	35,28
13	30	3,33	70	19	1	1	1	1	45,30
14	30	3,33	70	15	1	1	1	-1	32,18
15	30	2,84	70	19	1	-1	1	1	44,20
16	30	2,84	70	15	1	-1	1	-1	36,58

На рисунках 3-6 представлены графики зависимости влагосодержания семян подсолнечника семенного фонда от времени сушки.

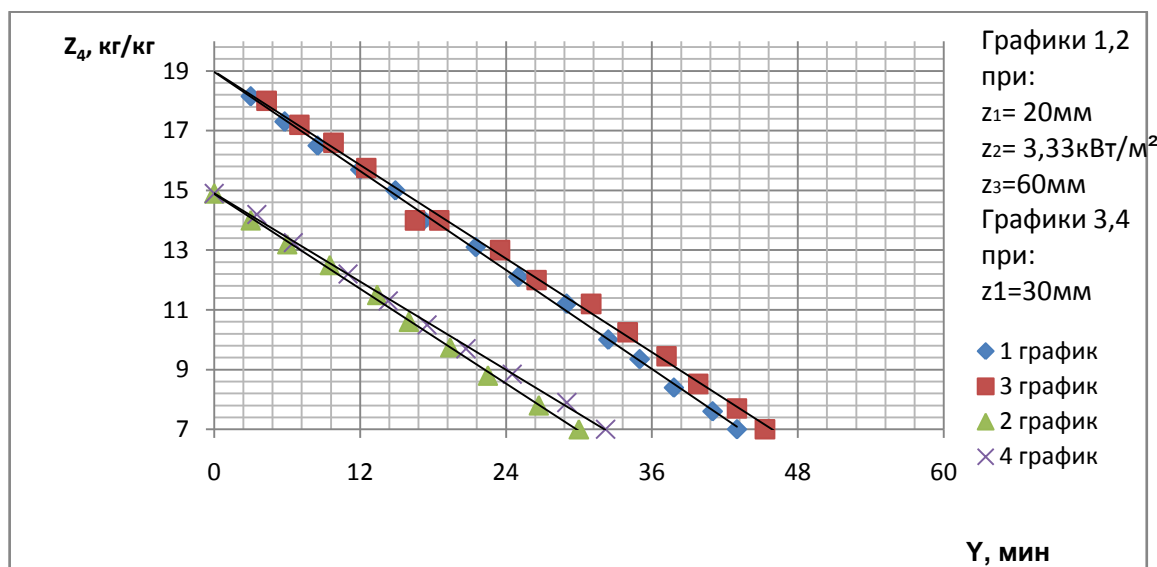


Рис. 3. График зависимости влагосодержания семян подсолнечника от времени при высоте слоя семян подсолнечника  $Z_1$ , плотности теплового потока ИК - излучателя  $Z_2$ , расстоянии от ИК - излучателя до слоя семян подсолнечника  $Z_3$ .

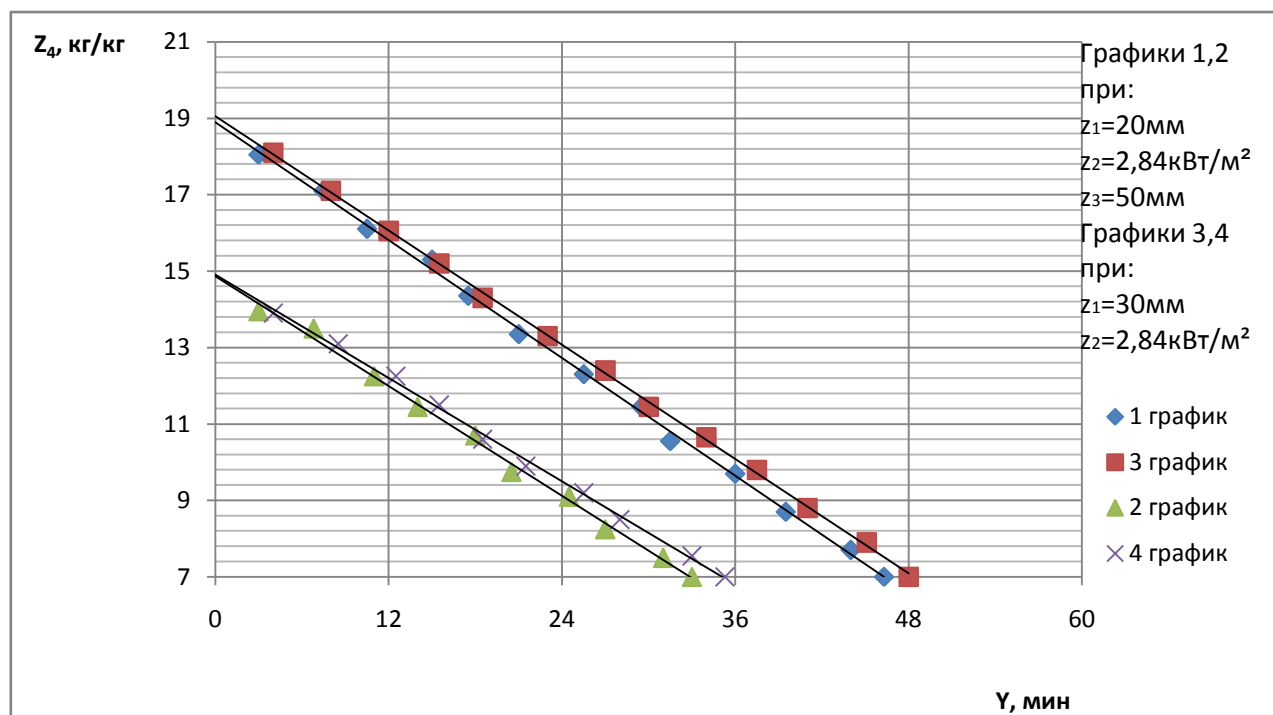


Рис. 4. График зависимости влагосодержания семян подсолнечника от времени при высоте слоя семян подсолнечника  $Z_1$ , плотности теплового потока ИК - излучателя  $Z_2$ ,

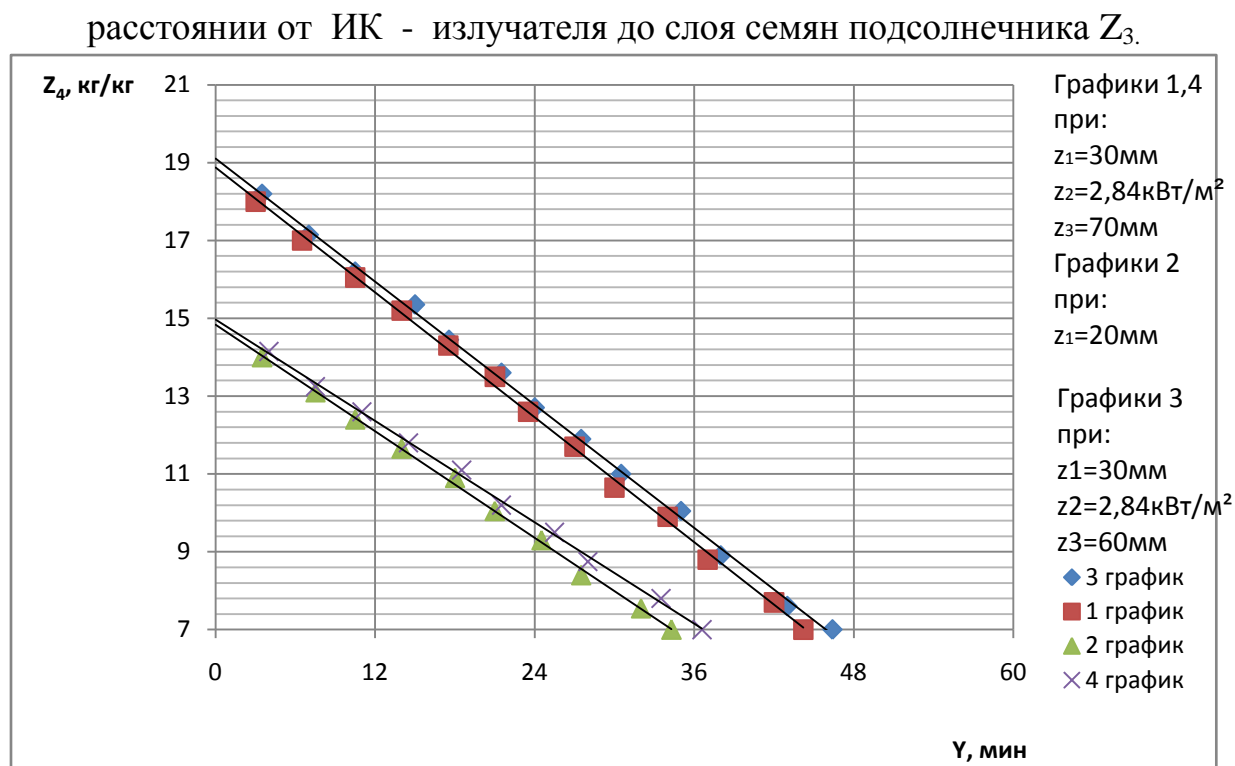


Рис. 5. График зависимости влагосодержания семян подсолнечника от времени при высоте слоя семян подсолнечника  $Z_1$ , плотности теплового потока ИК - излучателя  $Z_2$ , расстоянии от ИК - излучателя до слоя семян подсолнечника  $Z_3$ .

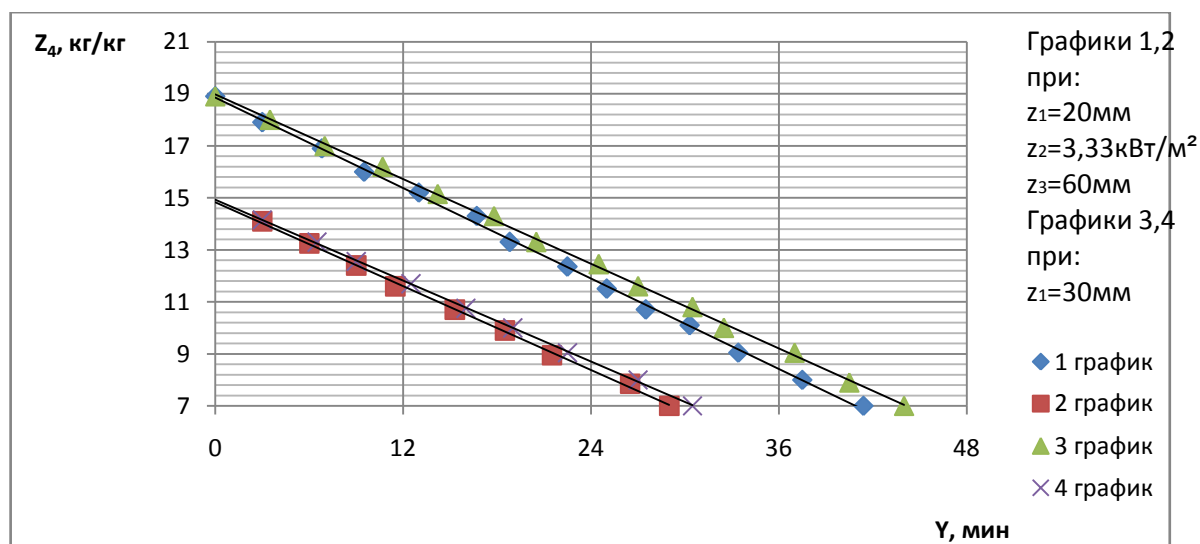


Рис. 6. График зависимости влагосодержания семян подсолнечника от времени при высоте слоя семян подсолнечника  $Z_1$ , плотности теплового потока ИК-излучателя  $Z_2$ , расстоянии от ИК-излучателя до слоя семян подсолнечника  $Z_3$ .

Продолжительность инфракрасной обработки при заданной плотности теплового потока инфракрасного (ИК) излучения определяется временем достижения заданного влагосодержания 7 кг/кг и температуры на поверхности слоя обрабатываемого материала, не превышающей 44- 46 °С.

Из анализа кривых (рис. 3-6) видно, что влажность семян подсолнечника на протяжении всего процесса сушки уменьшается с течением времени по линейному закону, при этом температура в центре слоя продукта не превышает 44- 46 °С.

### Список литературы

1. Комышник Л.Д., Журавлев А.П., Хасанова Ф.М. Сушка и хранение семян подсолнечника. – М.: Агропромиздат, 1988. – 95 с.
2. Кошевой Е.П. Технологическое оборудование предприятий производства растительных масел. - СПб.: ГИОРД, 2001.- 368 с.
3. Куцакова В.Е., Логинов Л.И., Петров С.В. Некоторые кинетические закономерности процесса сушки в барабанных агрегатах при кондуктивно-конвективном теплоподводе. – Журнал прикладной химии, том 3, вып. 1. - С. 146-150.
4. Куцакова В.Е., Павлов В.Г., Петров С.В. Модернизация барабанной сушилки. – Масложировая промышленность, 1981, №1. - С. 22-24.
5. Лебедев П.Д. Сушка инфракрасными лучами. – М. Госэнергоиздат, 1955. – 232 с.
6. Демидов С.Ф., Вороненко Б.А., Демидов А.С. Сухое жарение ядер семян подсолнечника инфракрасным излучением: Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств (электронный журнал) /ГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий.» . — №1. — март 2011. Режим доступа к журн.: <http://www.open-mechanics.com/journals> свободный.
7. Вороненко Б.А., Демидов С.Ф., Демидов А.С. Кинетика сушки семян подсолнечника инфракрасным излучением // Инновационные пищевые технологии в области хранения и переработки сельскохозяйственного сырья: Сб. материалов международной научно-практической конференции.- Краснодар: РАСН ГНУ КНИИХЛ, 2012,- С.223-229.
8. Демидов С.Ф., Вороненко Б.А., Ободов Д.А. Кинетика сушки бурых водорослей инфракрасным излучением. // Инновационные пищевые технологии в области хранения и переработки сельскохозяйственного сырья: Сб. материалов международной научно-практической конференции.- Краснодар: РАСН ГНУ КНИИХЛ, 2012,- С. 240-243.
9. Беляева С.С., Демидов С. Ф., Вороненко Б. А. Оптимизация процесса инфракрасной сушки с электроподводом зародышей пшеничных. // Инновационные пищевые технологии в области хранения и переработки сельскохозяйственного сырья: Сб. материалов международной научно-практической конференции.- Краснодар: РАСН ГНУ КНИИХЛ, 2012,- С. 219-222.
10. Демидов А.С., Вороненко Б.А., Демидов С.Ф. Сушка семян подсолнечника инфракрасным излучением // Новые технологии. – 2011. – Вып.№3. – С.25-30.
11. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Методы оптимизации эксперимента в химической технике: учеб. пособие для хим.-технол. вузов. – 2-е изд., перераб. и допол. – М.: Высшая школа, 1985. – 327 с
12. Налимов В.В. Теория эксперимента. – М.: Наука, 1971. – 208 с.