

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН МАСЛЕНИЧНЫХ КУЛЬТУР ЭМПСВЧ

А.В. Бастрон, А.В. Исаев, А.В. Мещеряков, Н.В. Цугленок

В статье представлены результаты исследований температурных полей, проведенные с помощью тепловизора FLIPSYSTEMTHERMCAMP65, при предпосевной обработке семян горчицы ЭМПСВЧ в бытовой микроволновой печи и в оригинальной установке для термической обработки сыпучих диэлектрических материалов конструкции КрасГАУ.

Ключевые слова: сверхвысокая частота, диэлектрический нагрев, семена горчицы, тепловизор.

Семенные инфекции представляют чрезвычайную опасность для семян сельскохозяйственных культур. Если не вести с ними борьбу, они способны на несколько десятков процентов снизить урожай семян, а в годы эпифитотий – полностью его уничтожить, нанося огромный экономический ущерб. Отдельные виды фузариозов способны выделять вредные для здоровья человека и домашних животных токсины. Пораженные ими семена совершенно не пригодны для использования в продовольственных и фуражных целях [1, 2].

Согласно идее тепловой стимуляции, для улучшения посевных качеств семян их необходимо нагреть на определенную (допустимую) температуру за определенное время. Проведенные исследования показывают, что на посевные качества, обеззараживание от семенных инфекций и урожайность семян оказывают влияние такие показатели, как удельная мощность электромагнитного поля сверх высокой частоты (ЭМПСВЧ), экспозиция (время) нагрева семян, конечная температура семян, обработанных в СВЧ-поле [1].

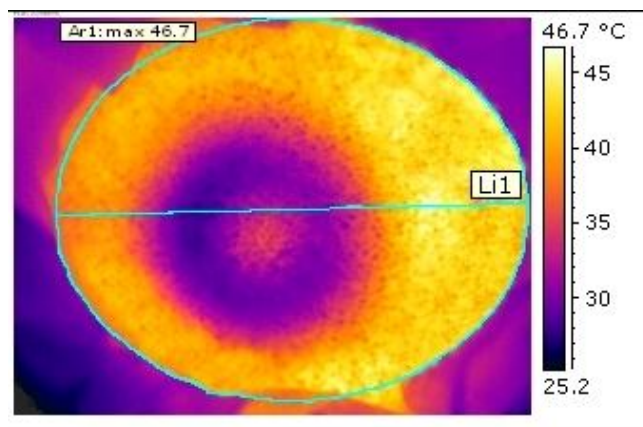
Для предпосевной обработки семян малотоннажных (например, тепличных) сельскохозяйственных культур ЭМПСВЧ с целью их стимуляции и (или) обеззараживания и для проведения научных экспериментов часто используют бытовую микроволновую печь. В микроволновую печь помещают цилиндрическую емкость объемом 1 – 2 литра с предварительно увлажненными семенами. Ранее нами были проведены исследования влияния режимов ЭМПСВЧ на семена и болезни семян масленичных культур: рапса, горчицы, рыжика [1, 2]. В качестве выходного параметра предпосевной обработки принималась ин-

тегральная (средняя) температура нагрева семян. Однако известно, что нагрев диэлектрического материала, помещенного в микроволновую печь, производится неравномерно. Степень неравномерности нагрева в объеме обрабатываемого материала недостаточно изучена в связи с проблемой одновременного измерения температуры во множестве точек объема обрабатываемого материала. Одновременно измерить температуру на всей поверхности можно с помощью тепловизора. Нами проведен эксперимент по предпосевной обработке семян горчицы в бытовой микроволновой печи. Предварительно доведенные до влажности 20 % семена горчицы насыпали в три слоя в емкость диаметром 25 см. Каждый слой составлял около 15 мм. Между слоями помещали сетку из радиопрозрачного материала. Сетка позволяла мгновенно убирать слой семян для исследования температурного поля семян тепловизором в плоскости, находящейся под сеткой.

На рисунках 1 – 2 приведены послойные картинки, полученные с помощью тепловизора FLIR SYSTEMS THERMACAM P65 (с погрешностью измерения температур ± 2 %) при обработке семян горчицы ЭМПСВЧ при следующих входных параметрах: $P = 800$ Вт, $t = 60$ с. Из рисунка 1, а следует, что температура семян изменяется от 25,2 до 46,7 °С. Средняя температура семян составляет: по площади 36,2 °С, по линии Li 1 – 35,4 °С (рисунок 1, б).

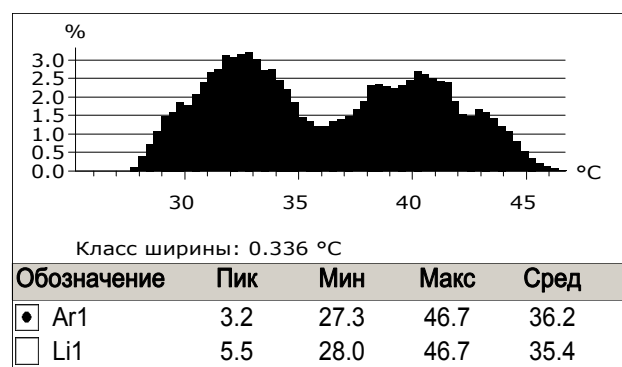
В связи с тем, что в бытовой микроволновой печи происходит неравномерный нагрев исследуемого материала, как доказано выше, нами была разработана установка для термической обработки сыпучих диэлектрических материалов [3].

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН МАСЛЕНИЧНЫХ КУЛЬТУР ЭМПСВЧ



Параметр объекта	Значение
Излучательная способность	0,95
Расстояние до объекта	0,5 m
Температура воздуха	19,8 °C
Обозначение	Значение
Li1: Макс	46,7 °C
Ar1: Макс	46,7 °C

а)



б)



в)

Рисунок 1 – Распределение температурных полей в верхнем (поверхностном) слое семян горчицы

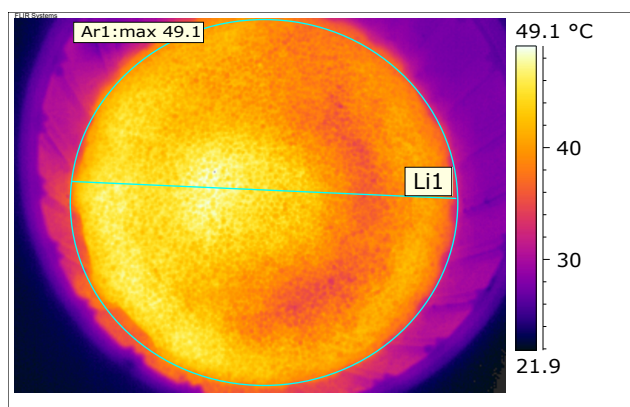
Установка содержит рабочую камеру 6 (рисунок 3), подключенную к СВЧ-генератору, загрузочное 1 и разгрузочное устройства 3, размещенные диаметрально противоположно на стенке рабочей камеры и транспортирующее устройство 5. Транспортирующее устройство установлено горизонтально и выполнено из радиопрозрачного цилиндра, на поверхности которого по винтовой линии с разрывом установлены металлические лопатки из немагнитного материала, с возможностью изменения угла наклона. На концах лопаток закреплены гибкие элементы из радиопрозрачного материала, соприкасающиеся с нижней частью камеры, а нижняя часть рабочей камеры выполнена в форме полуцилиндра. Транспортирующее устройство 5, выполняющая роль диссектора, осуществляет кроме

перемещения, одновременно и перемешивания семян.

На рисунке 4 представлен изготовленный нами опытный образец СВЧ-установки для термической обработки сыпучих диэлектрических материалов, согласно патента РФ на изобретение №2311002[3].

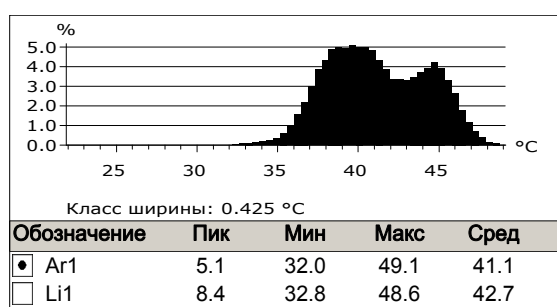
С помощью тепловизора нами проведены исследования температурных полей семян, прошедших обработку ЭМПСВЧ. Под разгрузочным окном 3 (рисунок 3) с постоянной скоростью протягивали полотно, на которое равномерно сыпались обработанные ЭМПСВЧ семена.

В предлагаемой установке нагрев семенного материала, как показали результаты эксперимента (рисунок 5), происходит более равномерно: температура семян изменяется от 35,3 до 42,8 °C.



Параметр объекта	Значение
Излучательная способность	0,95
Расстояние до объекта	0,5 m
Температура воздуха	19,8 °C
Обозначение	Значение
Li1: Макс	48,6 °C
Ar1: Макс	49,1 °C

а)



б)



в)

Рисунок 2 – Распределение температурных полей в нижнем слое семян горчицы

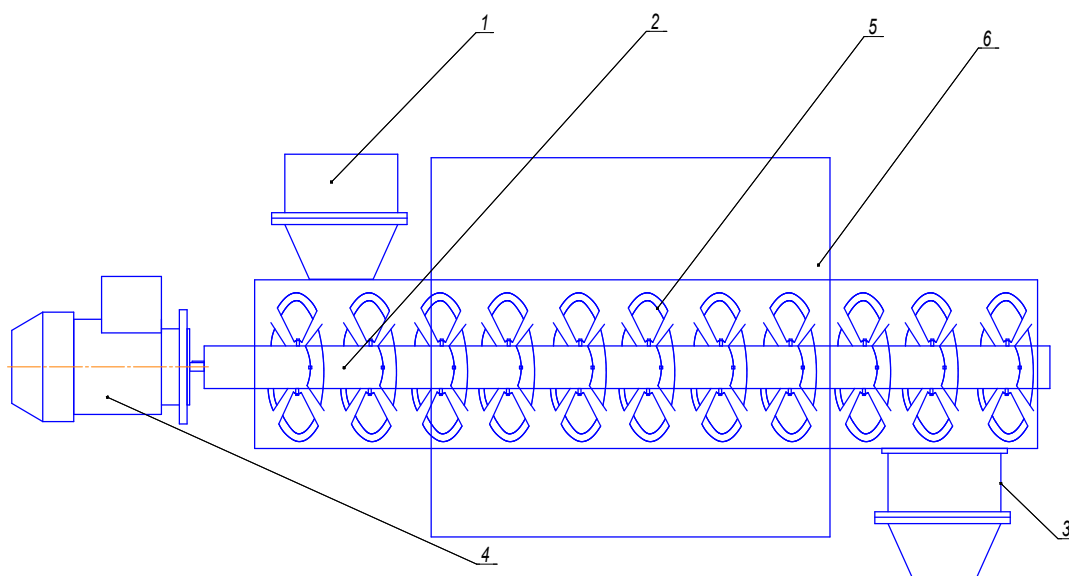


Рисунок 3 – Установка для термической обработки сыпучих диэлектрических материалов

1 – загрузочный бункер; 2 – цилиндр из радиопрозрачного материала; 3 – разгрузочное окно;
4 – электропривод транспортера; 5 – транспортирующее устройство; 6 – рабочая камера

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКЕ СЕМЯН МАСЛЕНИЧНЫХ КУЛЬТУР ЭМПСВЧ



Рисунок 4 – Установка для термической обработки сыпучих диэлектрических материалов, согласно патенту РФ на изобретение №2311002

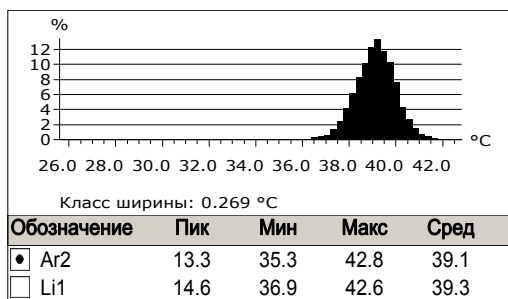


Рисунок 5 – Гистограмма распределения температуры семян, прошедших обработку ЭМПСВЧ в установке, согласно патента РФ №2311002

Степень равномерности нагрева семян в ЭМПСВЧ может характеризоваться такой математической величиной как коэффициент вариации, который показывает меру относительного разброса случайной величины и ту долю среднего значения этой величины, которую составляет ее средний разброс. В отличие от среднего квадратического или стандартного отклонения, коэффициент вариации измеряет не абсолютную, а относительную меру разброса значений признака в статистической совокупности. Он вычисляется только для количественных данных.

Для анализа случайной величины можно также использовать и некоторые другие характеристики [4]:

- размах вариации

$$R = x_{\max} - x_{\min}; \quad (1)$$

- среднее линейное отклонение

$$a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|; \quad (2)$$

- среднее квадратическое отклонение

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}; \quad (3)$$

- дисперсия

$$\delta^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2. \quad (4)$$

Относительные показатели:

- относительный размах вариации (коэффициент осцилляции)

$$\rho = \frac{R}{\bar{x}}; \quad (5)$$

- относительное отклонение по модулю (линейный коэффициент вариации)

$$m = \frac{a}{\bar{x}}; \quad (6)$$

- коэффициент вариации

$$v = \frac{\delta}{\bar{x}}; \quad v = \frac{\delta}{\mu}, \quad (7)$$

где μ – математическое ожидание.

Для статистической оценки полученных гистограмм нами разработаны электронные таблицы по расчету математического ожидания, дисперсии, среднее квадратического отклонения и коэффициента вариации. Результаты расчета проанализированы и сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты статистической обработки температурных полей в среднем слое семян горчицы после их обработки ЭМП СВЧ

Математическое ожидание	Дисперсия	Среднеквадратичное отклонение	Коэффициент вариации
36,70	8,35	2,89	0,079

В предлагаемой установке (рисунок 5) нагрев семенного материала, как показали результаты эксперимента, происходит более равномерно: температура семян изменяется от 35,3 до 42,8 °С.

Данная гистограмма была обработана в электронных таблицах, результаты расчетов сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты статистической обработки температурных полей в среднем слое семян горчицы после их обработки ЭМП СВЧ в установке, согласно патента РФ №2311002

Математическое ожидание	Дисперсия	Среднеквадратичное отклонение	Коэффициент вариации
39,43	0,72	0,85	0,021

Выводы

1. Проведенными исследованиями температурных полей с помощью тепловизора доказано, что разработанная и изготовленная установка для термической обработки сыпучих диэлектрических материалов, согласно патента РФ на изобретение №2311002, позволяет снизить неравномерность нагрева до ~ 4 °С, по сравнению с ~ 20 °С при обработке семян в бытовой микроволновой печи, т. е. в 5 раз.

2. Проведенной статистической обработкой температурных полей доказано, что разработанная и изготовленная установка для термической обработки сыпучих диэлектрических материалов, согласно патента РФ на изобретение №2311002, позволяет снизить коэффициент вариации до ~ 2 %, по сравнению с ~ 7 % при обработке семян в бытовой микроволновой печи, т. е. в 3,5 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2393662 Российская Федерация, МПК⁷ А 01 С 1/00 Способ предпосевной обработки семян рапса электромагнитным полем сверхвысокой частоты [Текст] / Мещеряков А.В., Бастрон А.В., Цугленок Н.В., Халанская А.П., Цугленок Г.И. (Россия); заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «КрасГАУ». – № 2008117643/13; заявл. 04.05.08; опубл. 10.07.10, Бюл. № 19. – 9 с.: ил.
2. Пат. 2373676 Российская Федерация, МПК⁷ А 01 С 1/00 Способ предпосевной обработки семян горчицы электромагнитным полем сверхвысокой частоты [Текст] / Мещеряков А.В., Бастрон А.В.,

Цугленок Н.В., Халанская А.П., Цугленок Г.И. (Россия); заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «КрасГАУ». – № 2008117268/13; заявл. 29.04.08; опубл. 27.11.09, Бюл. № 33. – 7 с.: ил.

3. Пат. 2311002 Российская Федерация, МПК⁷ Н 05 В 6/64, Н 05 В 6/64 Устройство для термической обработки сыпучих диэлектрических материалов [Текст] / Бастрон А.В., Мещеряков А.В., Цугленок Н.В. (Россия); заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «КрасГАУ». – № 20066119391/09; заявл. 02.06.06; опубл. 20.11.07, Бюл. № 32. – 5 с.: ил.

4. Яковлева, А.В. Теория вероятностей и математическая статистика. Ответы на экзаменационные вопросы [Текст]: учеб.пособ. для вузов / А.В. Яковлева. – М.: Издательство «Экзамен», 2006. – 222 с.

Бастрон А.В., зав. каф., к.т.н., доц., каф. «Электроснабжение сельского хозяйства», ФГОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет», тел. 8(391)227-10-62, E-mail: esn@kgau.ru;

Исаев А.В., магистрант, каф. «Электроснабжение сельского хозяйства», ФГОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет», тел. 8(391)227-10-62, E-mail: esn@kgau.ru;

Мещеряков А.В., ст. преп., каф. «Электроснабжение сельского хозяйства», ФГОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет», тел. 8(391)227-10-62, E-mail: esn@kgau.ru;

Цугленок Н.В., рек., д.т.н., проф., ФГОУ ВПО «Красноярский государственный аграрный университет», тел. 8(391)227-36-09, E-mail: info@kgau.ru.