

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ СЕМЯН В СВЧ-ПОЛЕ

А. А. Сошников, Е. В. Титов

В статье рассмотрены вопросы практического использования новой методики интегрированного контроля электромагнитных излучений для оценки опасности электромагнитной обстановки и выбора защитных мероприятий при обработке семян в сверхвысокочастотном поле.

Ключевые слова: электромагнитная обстановка, источники электромагнитных излучений, компьютерное моделирование электромагнитного поля, защита от электромагнитных излучений.

В настоящее время в АПК применяются электротехнологии, предусматривающие использование электромагнитных полей, в том числе сверхвысокочастотных (СВЧ) [1], представляющих опасность для персонала.

В Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова (АлтГТУ) разработана методика интегрированного контроля электромагнитных излучений (ЭМИ), которая может использоваться для оценки электромагнитной обстановки на объектах с источниками ЭМИ [2].

Для определения эффективности мето-

дики в АлтГТУ на базе микроволновой печи «Dialog» мощностью 900 Вт создан аналог разработанной в Красноярском государственном аграрном университете лабораторной установки конвейерного типа для исследования влияния режимных параметров СВЧ-поля на качественные показатели семян гречихи [3] и произведена оценка степени опасности электромагнитных излучений в процессе предпосевной обработки семян. План исследуемого помещения с СВЧ-установкой представлен на рисунке 1.

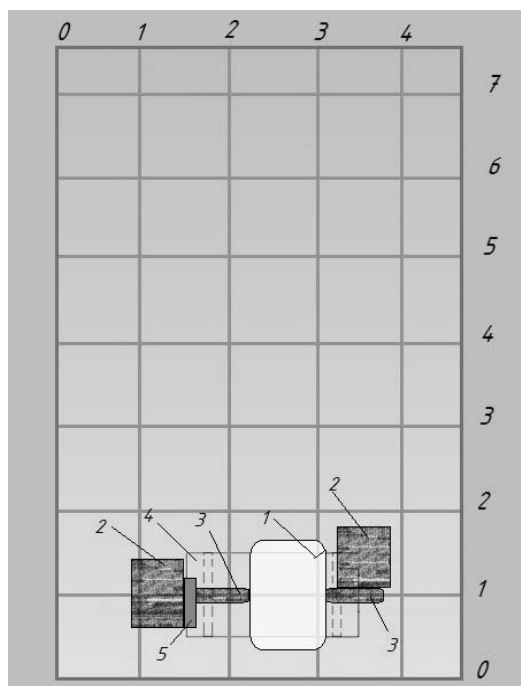


Рисунок 1 – План исследуемого помещения с СВЧ-установкой: 1 – СВЧ-камера; 2 – бункер; 3 – транспортерная лента с ячейками; 4 – стол; 5 – барабан с электродвигателем

Измерения уровней напряженности электрического, магнитного полей и плотности потока энергии (ППЭ) производились на расстояниях от 0,5 м до 2 м [4] от передней стенки СВЧ-камеры на частотах: 50 Гц, 30 кГц, 3 МГц, 30 МГц, 50 МГц, 300 МГц и

2450 МГц [4-6] с помощью приборов ПЗ-50, ПЗ-41. Результаты измерений напряженности электрического поля и плотности потока энергии приведены в таблице 1 (выделены значения, превышающие ПДУ).

Таблица 1 – Результаты измерений напряженности электрического поля и плотности потока энергии на расстояниях от 0,5 м до 2 м от передней стенки СВЧ-камеры

Расстояние между измерительным преобразователем и передней стенкой СВЧ-камеры, м	Напряженность электрического поля, В/м						Плотность потока энергии, мкВт/см ²
	Измерительные приборы / измерительные преобразователи						
	ПЗ-50/ АП ЕЗ-50	ПЗ-41/ АП-3	ПЗ-41/ АП-3	ПЗ-41/ АП-3	ПЗ-41/ АП-3	ПЗ-41/ АП-1	ПЗ-41/ АП-1
	Контролируемая частота						
	50 Гц	0,03 МГц	3 МГц	30 МГц	50 МГц	300 МГц	2450 МГц
0,5	более 180000	1054,24	более 500	349,22	138,41	464,21	483,61
1,0	177000	723,45	388,07	339,09	116,24	205,34	343,82
1,5	17510	645,51	337,15	232,75	80,55	86,42	73,58
2,0	15340	599,02	310,83	212,80	73,89	54,32	52,81
	Максимальное фоновое значение на расстоянии 0,1 м от установки						
	38	5,07	2,68	1,92	1,90	0	0
	Предельно допустимый уровень						
	5000	25	15	10	3	10	10

По результатам исследований уровень напряженности электрического поля на расстоянии 0,5 м превышает ПДУ электрического поля на частотах: 50 Гц, 0,03 МГц, 3 МГц, 30 МГц и 50 МГц, соответственно: в 36, 42, 33, 35 и 46 раз. Уровень ППЭ электромагнитного СВЧ-поля на расстоянии 0,5 м превышает ПДУ на частотах: 300 МГц, 2450 МГц, соответственно: в 46 и 48 раз. Безопасные уровни переменного электрического и сверхвысокочастотного электромагнитного полей достигаются на расстоянии более 2 м.

Уровень напряженности магнитного поля на расстоянии 0,5 м превышает ПДУ на частотах 50 Гц и 50 МГц более чем в 3 и в 2 раза соответственно. При отсутствии средств защиты безопасные уровни магнитного поля достигаются на расстоянии более 1 м.

По результатам сопоставления допустимого времени пребывания человека в электрическом и магнитном полях промышленной

частоты, в электромагнитном поле РЧ-диапазона наиболее опасным по уровню ЭМИ является электромагнитное поле частотой 2450 МГц.

Измеренные значения плотности потока энергии электромагнитного поля частотой 2450 МГц использовались для компьютерного моделирования электромагнитных излучений, которое проводилось в среде COMSOL Multiphysics [7].

На рисунке 2 представлен результат преобразования модели распределения ППЭ электромагнитного СВЧ-поля в картину опасности электромагнитного излучения по критерию допустимого времени. На этой картине показаны зоны допустимого времени пребывания людей при работе СВЧ-установки в виде изоповерхностей, окрашенных в различные цвета в зависимости от числового значения допустимого времени.

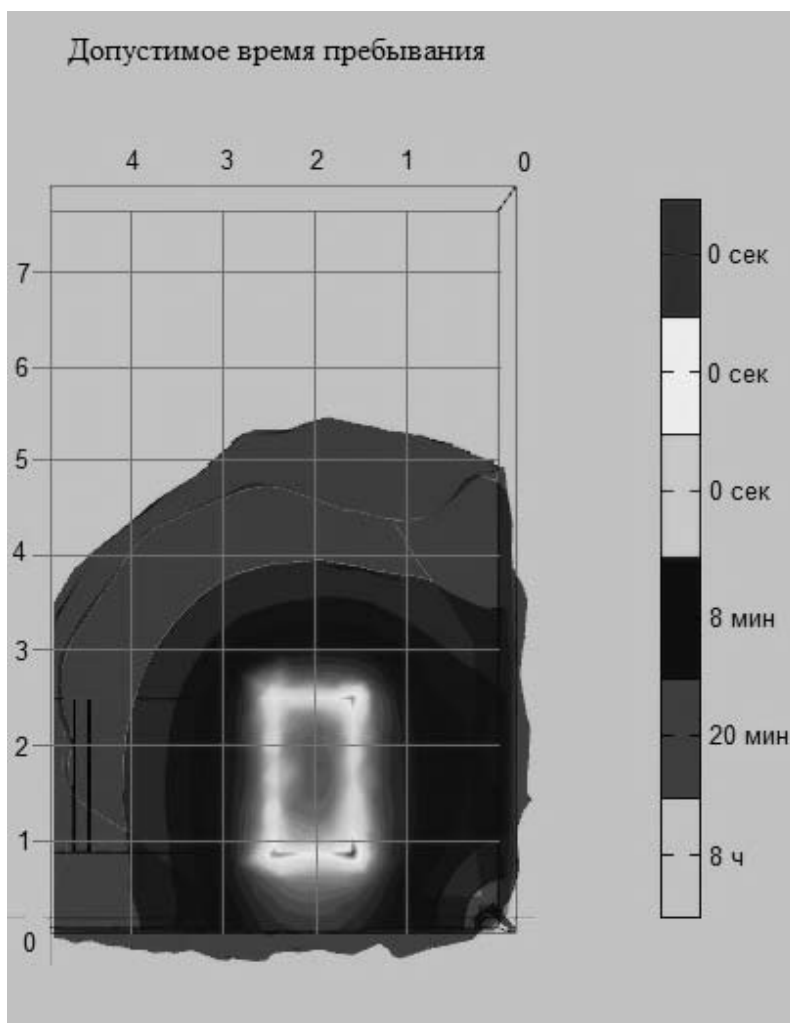


Рисунок 2 – Картина опасности электромагнитного излучения

В соответствии с картиной опасности приближение на расстояние менее 0,5 м к СВЧ-камере недопустимо. В зоне от 0,5 м до 1,5 м время пребывания человека не должно превышать 8 мин, в зоне от 1,5 м до 3 м – 20 мин. На расстоянии более 3 м можно находиться в течение всей 8 часовой рабочей смены.

Таким образом, работа с данной СВЧ-установкой без применения защитных мероприятий должна быть запрещена.

Для защиты от электромагнитных излучений в рассматриваемом случае могут применяться организационные и инженерно-технические мероприятия.

К организационным мероприятиям можно отнести:

- ограничение продолжительности времени пребывания рядом с установкой;

- удаление от СВЧ-камеры на расстояние, обеспечивающее электромагнитную безопасность.

Из инженерно-технических мероприятий можно рассматривать использование:

- защитного экранирования;
- инструментов, манипуляторов индивидуального пользования с дистанционным управлением;
- защитной одежды.

В качестве основного защитного мероприятия в данном случае может быть предложен вариант экранирования.

Степень снижения уровня электромагнитных РЧ - и в том числе СВЧ-полей за счет экранирования в зависимости от применяемых защитных материалов характеризует таблица 2 [8].

Таблица 2 – Коэффициент экранирования полей высоких частот металлическими листами и сетками

Вид экрана	Материал экрана	Частота				
		10 кГц	100 кГц	1 МГц	10 МГц	1 ГГц
Металлические листы толщиной 0,5 мм	Сталь	$2,5 \times 10^6$	5×10^8	10^{12}	10^{12}	10^{12}
	Медь	5×10^6	10^7	6×10^8	10^{12}	10^{12}
	Алюминий	3×10^6	4×10^6	10^{12}	10^{12}	10^{12}
Металлические сетки	Медь, проволока 0,1 мм ячейки 1×1 мм	$3,5 \times 10^6$	$3,5 \times 10^5$	10^5	$1,5 \times 10^4$	$1,5 \times 10^3$
	Медь, проволока 1 мм ячейки 10×10 мм	10^6	10^5	$1,5 \times 10^4$	$1,5 \times 10^3$	$1,5 \times 10^2$
Металлические сетки	Сталь, проволока 0,1 мм ячейки 1×1 мм	6×10^4	5×10^4	$1,5 \times 10^4$	4×10^3	9×10^2
	Сталь, проволока 1 мм ячейки 10×10 мм	2×10^5	5×10^4	2×10^4	$1,5 \times 10^3$	$1,5 \times 10^2$

С учетом данных таблицы 2 принят вариант использования латунной сетки из проволоки диаметром 0,1 мм с шагом ячеек 1 мм, соединенной с контуром заземления. Сетка устанавливается на расстоянии 0,1 м от элементов установки, таким образом,

чтобы не был нарушен технологический процесс.

В таблице 3 приведены результаты измерений уровней переменных электрического и электромагнитного полей в условиях экранирования.

Таблица 3 – Результаты измерений напряженности электрического поля и плотности потока энергии на расстояниях от 0,5 м до 2 м от передней стенки СВЧ-камеры в условиях экранирования

Расстояние между измерительным преобразователем и передней стенкой СВЧ-камеры, м	Напряженность электрического поля, В/м						Плотность потока энергии, мкВт/см ²
	Измерительные приборы / измерительные преобразователи						
	ПЗ-50/ АП ЕЗ-50	ПЗ-41/ АП-3	ПЗ-41/ АП-3	ПЗ-41/ АП-3	ПЗ-41/ АП-3	ПЗ-41/ АП-1	ПЗ-41/ АП-1
	Контролируемая частота						
	50 Гц	0,03 МГц	3 МГц	30 МГц	50 МГц	300 МГц	2450 МГц
0,5	615	26,50	10,74	16,39	5,12	17,34	17,67
1,0	308	20,47	6,88	8,25	2,71	9,54	7,68
1,5	195	15,64	5,04	6,73	1,75	4,73	6,55
2,0	130	13,31	3,78	5,31	1,38	4,15	5,12
	Максимальное фоновое значение на расстоянии 0,1 м от установки						
	0,038	10,07	2,68	1,92	1,9	0	0
	Предельно допустимый уровень						
	5000	25	15	10	3	10	10

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ СЕМЯН В СВЧ-ПОЛЕ

На расстоянии более 0,5 м уровни переменного электрического и электромагнитного полей не превышают ПДУ. На расстоянии 0,5 м ПДУ напряженности электрического поля на частотах 0,03 МГц, 30 МГц и 50 МГц превышен соответственно в 1,1, 1,6 и 1,7 раза, а ППЭ электромагнитного поля на частотах:

300 МГц, 2450 МГц в 1,7 раза.

Уровни напряженности магнитного поля на расстоянии 0,5 м не превышают установленные нормативы [4-6] на всем исследуемом частотном диапазоне.

На рисунке 3 приведена картина опасности ЭМИ в условиях экранирования.

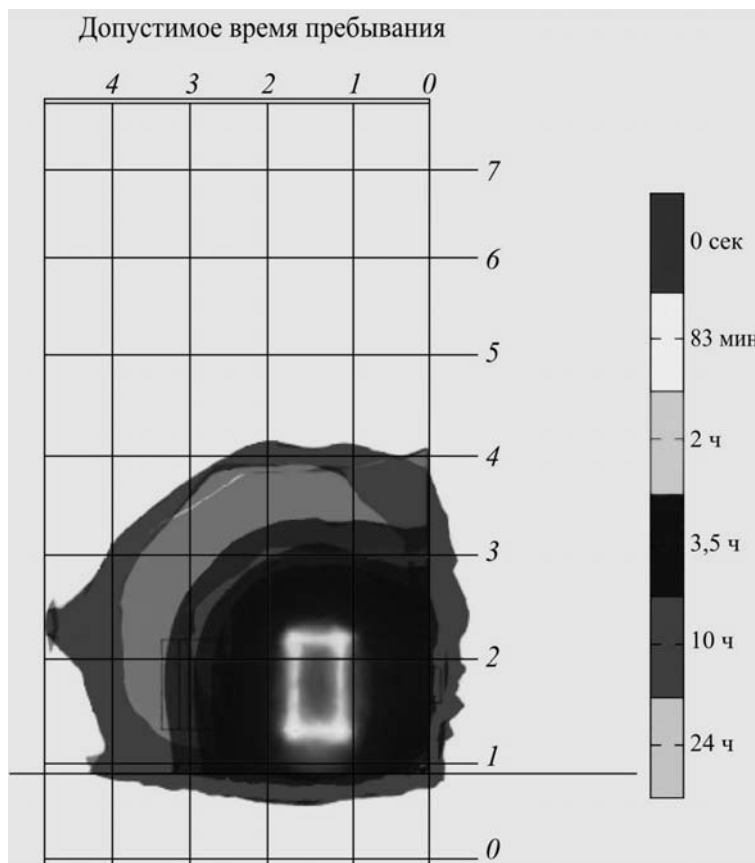


Рисунок 3 – Картина опасности электромагнитного излучения в условиях экранирования

В соответствии с картиной опасности время пребывания человека в зоне от 0,5 м до 4 м от установки допускается до 10 ч, а на расстоянии более 4 м – в течение 24 ч.

В условиях экранирования безопасное время пребывания человека в зоне 1,5 м увеличено в 75 раз, в зоне от 1,5 м до 3 м – в 30 раз.

При необходимости могут быть использованы дополнительные мероприятия, позволяющие увеличить допустимое время пребывания возле установки.

Таким образом, пространственная картина опасности электромагнитных излучений, полученная в результате использования предложенного способа интегрированного контроля электромагнитной обстановки, позволяет обоснованно выбирать эффективные мероприятия по обеспечению безопасного

пребывания на рабочих местах, улучшению и оздоровлению условий труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электротехнология [Текст] : учеб. пособие для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений по специальности «Электрификация сельского хозяйства» / [А. М. Басов и др.]. – М. : Агропромиздат, 1985. – 256 с.
2. Титов, Е.В. Методика контроля электромагнитной обстановки на объектах АПК [Текст] / Е.В. Титов, И.Е. Мигалев // Вестник КрасГАУ. – Красноярск, 2012. – № 7. – С. 136 - 138.
3. Заплетина, А. В. Исследование влияния режимных параметров СВЧ-поля на качественные показатели семян гречихи : автореф. дис. ... канд. техн. наук [Текст] / А. В. Заплетина. – Красноярск, 2012. – 17 с.

4. СанПиН 2.1.2.1002-00. Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям [Текст].

5. СанПиН 2.1.8/2.2.4.2490-09. Электромагнитные поля в производственных условиях [Текст].

6. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы [Текст].

7. Шмелев В. Е. Femlab 2.3. // Центр компетенций MathWorks [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – СПб., [2008]. –Режим доступа: <http://matlab.exponenta.ru/femlab/book1>, свободный. – Загл. с экрана.

8. Постановление 848-70. Санитарные нормы и правила при работе с источниками электромагнитных полей высоких, ультравысоких и сверхвысоких частот [Текст].

Сошников Александр Андреевич, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, кафедра «Электрификация производства и быта», д.т.н., профессор, E-mail: elnis@inbox.ru, тел. (385-2) 36-71-29.

Титов Евгений Владимирович, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, кафедра «Электрификация производства и быта», аспирант, e-mail: 1kazak1@mail.ru, тел. (3852) 24-74-88, 36-71-29.