



УДК 537.8:631.17

А.А. Сошников, Е.В. Титов
A.A. Soshnikov, Ye.V. Titov

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ АПК

ELECTROMAGNETIC SAFETY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN AGRICULTURAL INDUSTRY

Ключевые слова: электромагнитные излучения, допустимое время пребывания, электромагнитная обстановка, картина опасности, электромагнитная безопасность.

Рассматриваются вопросы обеспечения электромагнитной безопасности на объектах АПК с источниками электромагнитного излучения (ЭМИ). Определено перспективное направление контроля состояния электромагнитной обстановки с помощью пространственной картины электромагнитной опасности. Эта картина представляет собой карту допустимого времени пребывания человека в различных зонах исследуемого пространства, получаемую в результате выявления наиболее опасных составляющих электромагнитного излучения от различных источников в диапазоне исследуемых частот и последующего компьютерного моделирования электромагнитного поля. Приведены результаты измерений напряженности электрического поля и плотности потока энергии вблизи лабораторной установки конвейерного типа для исследования влияния режимных параметров СВЧ-поля на качественные показатели семян. Установлено превышение предельно допустимого уровня напряженности электрического поля на расстоянии 0,5 м на частотах 50 Гц, 0,03 МГц, 3 МГц, 30 МГц и 50 МГц, соответственно в 36, 42, 33, 35 и 46 раз. Установлено превышение предельно допустимого уровня плотности потока энергии электромагнитного СВЧ-поля на частотах 300, 2450 МГц, соответственно в 46 и 48 раз. Представлены результаты преобразования модели распределения плотности потока энергии электромагнитного поля частотой 2450 МГц, как наиболее опасной составляющей СВЧ-поля, в картину опасности электромагнитного излучения по критерию допустимого времени. Рассмотрены организационные и инженерно-технические мероприятия для защиты от электромагнитных излучений. С использованием компьютерного моделирования построена картина опасно-

сти электромагнитного излучения в условиях экранирования с использованием латунной сетки, установленной без нарушения технологического процесса. Проведена оценка эффективности экранирования. Сформулирован вывод о возможности использования пространственной картины опасности электромагнитных излучений для обоснованного выбора защитных мероприятий по обеспечению безопасного пребывания на рабочих местах, улучшению и оздоровлению условий труда.

Keywords: electromagnetic radiation, allowable stay time, electromagnetic environment, danger pattern, electromagnetic safety.

The issues of electromagnetic safety in the facilities of agricultural industry with the sources of electromagnetic radiation (EMR) are discussed. A promising direction of electromagnetic environment monitoring by means a spatial pattern of electromagnetic danger is emphasized. The results of the measurements of electric field intensity and energy-flux density close to conveyor-type installation for studying the effect of microwave field on seed quality indices are presented. The excess of maximum permissible levels of intensity of electric field intensity and energy-flux density of electromagnetic microwave field is revealed. The results of converting the model of energy-flux density distribution of the electromagnetic field with the frequency of 2450 MHz into EMR danger pattern by the criterion of allowable time are presented. The organizational and engineering measures for the protection against EMR are described. Computer simulated EMR danger pattern for the conditions of shielding with a properly installed brass screen-grid is discussed. The shielding effectiveness is evaluated. It is concluded that EMR spatial danger pattern may be used for reasonable choice of protective measures to ensure safe stay on workplaces and improvement of working conditions.

Сошников Александр Андреевич, д.т.н., проф., каф. «Электрификация производства и быта», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. Тел. (3852) 36-71-29. E-mail: elnis@inbox.ru.

Титов Евгений Владимирович, к.т.н., ст. преп., каф. «Электрификация производства и быта», Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. Тел. (3852) 36-71-29. E-mail: elnis@inbox.ru.

Soshnikov Aleksandr Andreyevich, Dr. Tech. Sci., Prof., Chair of Electrification of Production and Household, Altai State Technical University named after I.I. Polzunov. Ph.: (3852) 36-71-29. E-mail: elnis@inbox.ru.

Titov Yevgeniy Vladimirovich, Cand. Tech. Sci., Asst. Prof., Chair of Electrification of Production and Household, Altai State Technical University named after I.I. Polzunov. Ph.: (3852) 36-71-29. E-mail: elnis@inbox.ru.

Введение

Интенсивность использования электромагнитной энергии в современном обществе повышается с каждым годом [1]. Для исключения опасного влияния электромагнитных полей (ЭМП) на организм человека необходимо контролировать электромагнитную обстановку на объектах с источниками электромагнитного излучения (ЭМИ).

В настоящее время рядом нормативных документов установлены предельно допустимые уровни (ПДУ) ЭМИ.

В агропромышленном комплексе России используется группа технологических процессов с возможным превышением ПДУ ЭМИ, в том числе:

- обработка кормов электрическим током;
- электрическая очистка и сортирование семян в электрическом поле высокой напряженности;
- обеззараживание сельскохозяйственных сред и оборудования в электрическом поле;
- борьба с сорняками токами промышленной частоты и сверхвысокой частоты (СВЧ);
- разрушение, дробление и измельчение материалов в электрогидравлической установке;
- предпосевная обработка семян в электростатическом поле и в электромагнитном СВЧ-поле;
- электроискровая обработка травы;
- электрическая ионизация воздуха (двухзонные электрофильтры и аэроионизаторы Болотова – люстра Чижевского);
- стерилизация питательных растворов в магнитном поле;
- активация воды омагничиванием с использованием аппаратов с постоянными магнитами и с электромагнитами;
- комплексная очистка и обеззараживание воды магнитным полем.

Известные способы контроля электромагнитной обстановки имеют узкую область применения и реализуют измерение только отдельных составляющих электромагнитного поля.

Цель и задачи. Для решения представленных проблем следует расширить область применения существующих способов, снизить трудоемкость.

Объекты и методы

В рамках реализации одного из аспектов информационных технологий, внедряемых в настоящее время в АПК, в Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова разработана методика оценки состояния электромагнитной обстановки с помощью пространственной картины электромагнитной опасности на контролируемом объекте [2-6]. Эта картина представляет собой карту допустимого времени пребывания человека в различных зонах исследуемого пространства, получаемую в результате выявления наиболее опасных составляющих электромагнитного излучения от различных источников в диапазоне исследуемых частот и последующего компьютерного моделирования электромагнитного поля.

Экспериментальная часть

Опасные составляющие электромагнитных излучений соответствуют наименьшему допустимому значению времени пребывания человека в точках измерения напряженностей электрических, магнитных полей и плотности потока энергии (ППЭ) электромагнитных полей вблизи источников излучения на частотах, регламентированных действующими нормативными документами.

Методикой предусмотрено измерение на объектах с ЭМИ нормируемых параметров электростатического, переменных электрического, магнитного и электромагнитного полей на частотах 0 Гц, 50 Гц, 30 кГц, 3 МГц, 30 МГц, 50 МГц, 300 МГц и, при необходимости, на более высоких частотах (до 300 ГГц на расстоянии 0,1 м (0,5 м) от центра внешних поверхностей каждого источника излучения [7-9]. В точках измерения определяется допустимое время пребывания людей в зависимости от предельно допустимых уровней исследуемых полей.

Измеренные значения напряженностей электростатических, переменных электрических и магнитных полей, а также значения плотности потока энергии (ППЭ) электромагнитных полей высокой частоты, соответствующие наименьшему допустимому значению времени пребывания в точках измерений, используют для формирования пространственной картины электромагнитного поля с помощью компьютерного моделирования.

Об уровне электромагнитной безопасности судят по полученной пространственной картине опасности электромагнитного излучения, заменяя шкалу напряженностей электрического или магнитного полей на шкалу допустимого времени пребывания в опасных зонах объекта.

В таблице 1 представлены результаты измерений напряженности электрического поля и плотности потока энергии возле лабораторной установки конвейерного типа для исследования влияния режимных параметров СВЧ-поля на качественные показатели семян гречихи (выделены значения, превышающие ПДУ).

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 и 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 2 раза соответственно. При отсутствии средств защиты безопасные уровни магнитного поля достигаются на расстоянии более 1 м.

Измеренные значения плотности потока энергии электромагнитного поля частотой 2450 МГц, как наиболее опасной составляющей ЭМП, использовались для компьютерного моделирования электромагнитных излучений.

На рисунке 1 представлен результат преобразования модели распределения ППЭ электромагнитного СВЧ-поля в картину опас-

ности 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 [3].

В соответствии с картиной опасности приближение на расстояние менее 0,5 м к СВЧ-камере недопустимо. В зоне от 0,5 до 1,5 м время пребывания человека не должно превышать 8 мин., в зоне от 1,5 до 2,5 м – 20 мин. На расстоянии более 2,5 м можно находиться в течение всей 8-часовой рабочей смены.

Таким образом, работа с 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 и 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 выбран вариант экранирования с использованием 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.

Таблица 1

Результаты измерений напряженности электрического поля и плотности потока энергии от 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

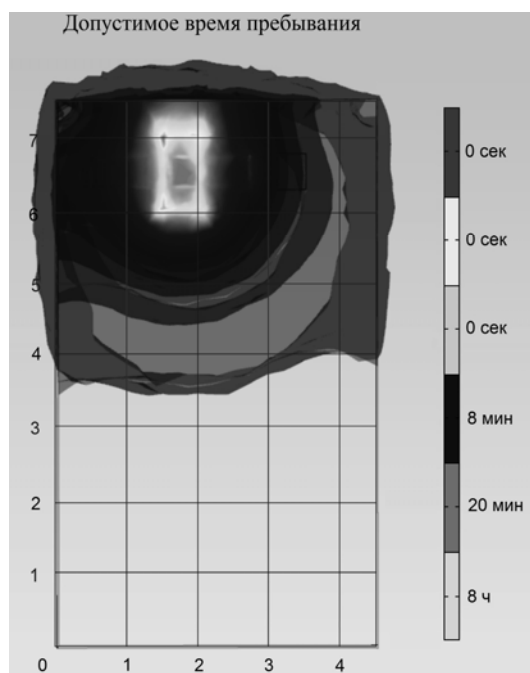


Рис. 1. Картина опасности электромагнитного излучения

В таблице 2 приведены результаты измерений уровней переменных электрического и электромагнитного полей в условиях экранирования.

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; 30 и 50 МГц превышен, соответственно, в 1,1; 1,6 и 1,7 раза, а ППЭ электромагнитного поля – на частотах 300, 2450 МГц в 1,7 раза.

Уровни напряженности магнитного поля на расстоянии 0,5 м не превышают установленные нормативы на всем исследуемом частотном диапазоне.

На рисунке 2 приведена картина опасности ЭМИ в условиях экранирования.

Результаты и их обсуждение

В соответствии с картиной опасности время пребывания человека в зоне от 0,5 до 2,5 м от установки допускается до 10 ч, а на расстоянии более 2,5 м – в течение 24 ч (рис. 2). В условиях экранирования безопасное время пребывания человека в зоне 1,5 м увеличено в 75 раз, в зоне от 1,5 до 2,5 м – в 30 раз.

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

Заключение

Таким образом, предложенная методика оценки состояния электромагнитной обстановки расширяет области применения существующих методов, снижает трудоемкость оценки.

Пространственная картина опасности электромагнитных излучений, полученная в результате использования предложенной методики контроля электромагнитной обстановки, позволяет обоснованно выбирать эффективные мероприятия по обеспечению безопасного пребывания на рабочих местах, улучшению и оздоровлению условий труда.

Таблица 2

Результаты измерений напряженности электрического поля и плотности потока энергии от 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

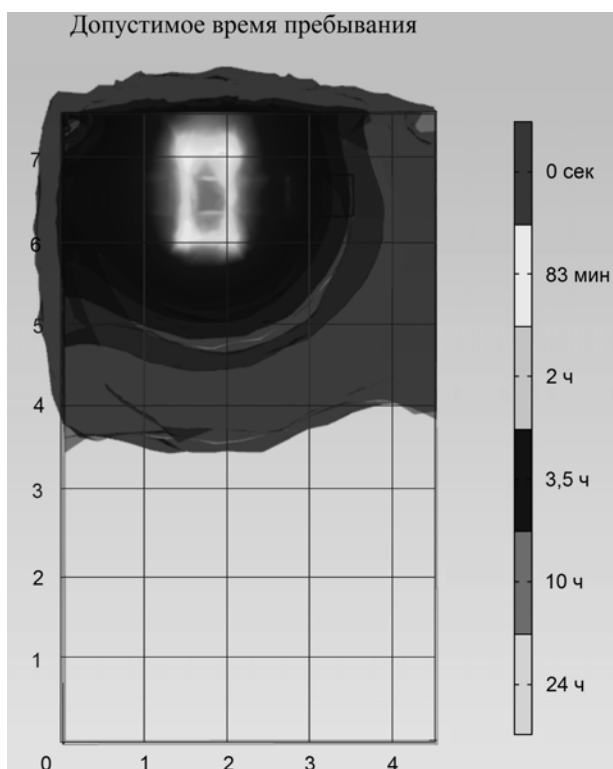


Рис. 2. Картина опасности электромагнитного излучения в условиях экранирования

Библиографический список

1. Wolfgang Maes. Stress durch Strom und Strahlung / Maes Wolfgang; Institut für Baubiologie und Ökologie. – Neubeuren, 2004. – 800 с.
2. Альт В.В., Савченко О.Ф. Инновационное развитие АПК на основе информационных ресурсов // Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 10. – С. 25-29.
3. Сошников А.А., Воробьев Н.П., Титов Е.В. Контроль электромагнитной обстановки на объектах с источниками электромагнитных излучений // Ползуновский вестник. – Барнаул, 2012. – № 4. – С. 64-68.
4. Сошников А.А., Титов Е.В. Обеспечение безопасности процесса обработки семян в СВЧ-поле // Ползуновский вестник. – Барнаул, 2012. – № 4. – С. 69-74.
5. Титов Е.В., Мигалев И.Е. Методика контроля электромагнитной обстановки на объектах АПК // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 7. – С. 136-138.
6. Титов Е.В. Анализ опасности электромагнитных излучений в помещениях // Вестник АГАУ. – 2012. – № 12 (98). – С. 94-97.
7. СанПиН 2.1.8/2.2.4.2490-09. Электромагнитные поля в производственных услови-

ях. – Введ. 2009-05-15. – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 15 с.

8. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. – Введ. 2003-06-30. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 27 с.

9. СанПиН 2.1.2.1002-00. Санитарно-эпидемиологические требования к жилым зданиям и помещениям. – Введ. 2001-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 13 с.

References

1. Wolfgang, Maes. Stress durch Strom und Strahlung / Maes Wolfgang; Institut fuer Baubiologie und Oekologie. – Neubeuren, 2004. – 800 s.
2. Al't V.V., Savchenko O.F. Innovatsionnoe razvitie APK na osnove informatsionnykh resursov // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2009. – № 10. – S. 25-29.
3. Soshnikov A.A., Vorob'ev N.P., Titov E.V. Kontrol' elektromagnitnoi obstanovki na ob"ektakh s istochnikami elektromagnitnykh izlucheniï // Polzunovskii vestnik. – 2012. – № 4. – S. 64-68.
4. Soshnikov A.A., Titov E.V. Obespechenie bezopasnosti protsessa obrabotki semyan v SVCh-pole // Polzunovskii vestnik. – 2012. – № 4. – S. 69-74.
5. Titov E.V., Migalev I.E. Metodika kontrolya elektromagnitnoi obstanovki na ob"ektakh APK // Vestnik KrasGAU. – 2012. – № 7. – S. 136-138.
6. Titov E.V. Analiz opasnosti elektromagnitnykh izlucheniï v pomeshcheniyakh // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – № 12 (98). – S. 94-97.
7. SanPiN 2.1.8/2.2.4.2490-09. Elektromagnitnye polya v proizvodstvennykh usloviyakh. – Vved. 2009-05-15. – M.: Izd-vo standartov, 2009. – 15 s.
8. SanPiN 2.2.2/2.4.1340-03. Gigienicheskie trebovaniya k personal'nym elektronno-vychislitel'nym mashinam i organizatsii raboty. – Vved. 2003-06-30. – M.: Izd-vo standartov, 2003. – 27 s.
9. SanPiN 2.1.2.1002-00. Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k zhilym zdaniyam i pomeshcheniyam. – Vved. 2001-07-01. – M.: Izd-vo standartov, 2001. – 13 s.

