

# Повышение безопасности электротехнологий АПК на основе интегрированного контроля электромагнитных излучений

Руководитель проекта \_\_\_\_\_ А.А. Сошников

# Воздействие электромагнитных излучений на организм человека



# Классификация источников ЭМП



# Возможные изменения в организме человека под влиянием ЭМИ

Интенсивность ЭМИ, мВт/см <sup>2</sup>	Наблюдаемые изменения
600	Болевые ощущения в период облучения
200	Угнетение окислительно-восстановительных процессов в ткани
100	Повышенное артериальное давление с последующим его снижением; в случае воздействия - устойчивая гипотензия. Двухсторонняя катаракта
40	Ощущение тепла. Расширение сосудов. При облучении 0,5-1 ч повышение давления на 20-30 мм рт. ст.
20	Стимуляция окислительно-восстановительных процессов в ткани
10	Астенизация после 15 мин. облучения, изменение биоэлектрической активности головного мозга
8	Неопределенные сдвиги со стороны крови с общим временем облучения 150 ч, изменение свертываемости крови
6	Электрокардиографические изменения, изменения в рецепторном аппарате
4-5	Изменение артериального давления при многократных облучениях, непродолжительная лейкопения, эритропения
3-4	Ваготоническая реакция с симптомами брадикардии, замедление электропроводимости сердца
2-3	Выраженный характер снижения артериального давления, тенденция к учащению пульса, незначительные колебания объема сердца
1	Снижение артериального давления, тенденция к учащению пульса, незначительные колебания объема крови сердца. Снижение офтальмотонуса при ежедневном воздействии в течение 3,5 месяцев
0,4	Слуховой эффект при воздействии импульсных ЭМП
0,3	Некоторые изменения со стороны нервной системы при хроническом воздействии в течение 5-10 лет
0,1	Электрокардиографические изменения
до 0,05	Тенденция к понижению артериального давления при хроническом воздействии

## Допустимое время пребывания производственного персонала при различных уровнях излучения электрического поля

Напряженность электрического поля, <i>кВ/м</i>	Допустимое время пребывания в течение суток, <i>мин</i>	Примечание
До 5 включительно	480	–
6	378	Нормативы действительны при условии, что исключена возможность воздействия на человека электрических разрядов и токов стекания. В остальное время необходимо либо использовать средства защиты, либо находиться в местах, где электрическое поле отсутствует или его напряженность не превышает <i>5 кВ/м</i>
7	308	
8	255	
9	213	
10	180	
11	152	
12	130	
13	110	
14	94	
15	80	
16	68	
17	56	
18	46	
19	38	
20	30	
Свыше 20 до 25	10	
Свыше 25	Не допускается	

# Допустимое время пребывания человека в зоне действия электромагнитного поля

▶  $T_{\text{доп(ЭСП)}} = \left(\frac{60}{E_{\text{факт}}}\right)^2;$

▶  $T_{\text{доп(ЭСП)ПЭВМ}} = \left(\frac{43}{E_{1\text{факт}}}\right)^2;$

▶  $T_{\text{доп(ЭП 50)}} = \left(\frac{50}{E_{2\text{факт}}}\right) - 2;$

▶  $T_{\text{доп(ЭП 50)ПЭВМ}} = \left(\frac{0,25}{E_{3\text{факт}}}\right) - 2;$

▶  $T_{\text{доп(ЭП 50)БТ}} = \left(\frac{5}{E_{4\text{факт}}}\right) - 2;$

▶  $T_{\text{доп(МП 50)}} = \frac{1600}{H_{1\text{факт}}};$

▶  $T_{\text{доп(МП 50)ПЭВМ}} = \frac{4}{H_{2\text{факт}}};$

✓  $E_{\text{факт}}$  – значение напряженности электростатического поля, создаваемого источниками ЭМИ кроме ПЭВМ, на частоте 0 Гц, кВ/м;

✓  $E_{1\text{факт}}$  – значение напряженности электростатического поля, создаваемого ПЭВМ, на частоте 0 Гц, кВ/м;

✓  $E_{2\text{факт}}$  – значение напряженности электрического поля, создаваемого источниками ЭМИ кроме ПЭВМ и бытовой техники, на частоте 50 Гц, кВ/м ;

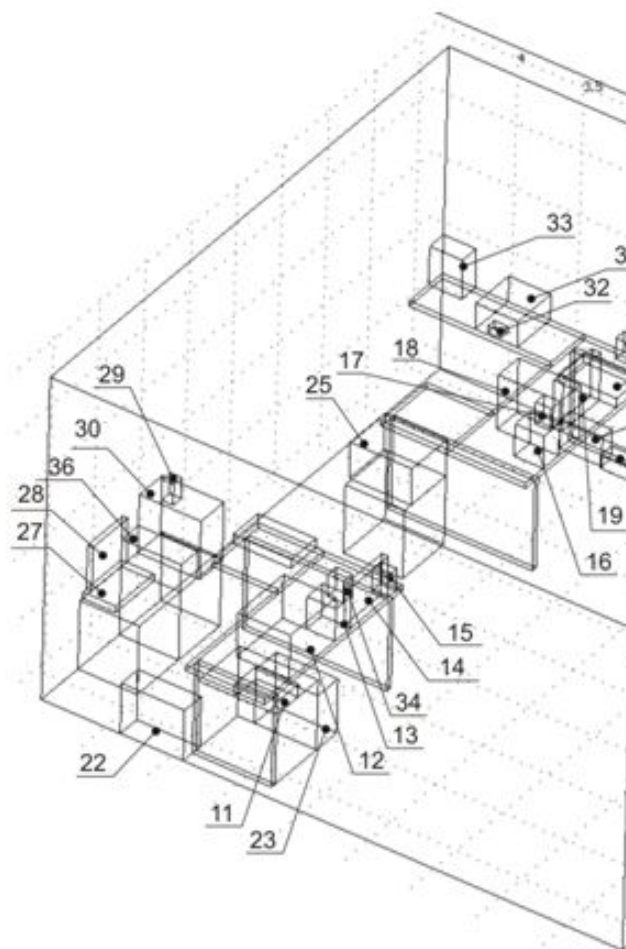
✓  $E_{3\text{факт}}$  – значение напряженности электрического поля, создаваемого ПЭВМ, на частоте 50 Гц, кВ/м;

✓  $E_{4\text{факт}}$  – значение напряженности электрического поля, создаваемого бытовой техникой кроме ПЭВМ, используемой на объектах АПК, на частоте 50 Гц, кВ/м;

✓  $H_{1\text{факт}}$  – значение напряженности магнитного поля, создаваемого источниками ЭМИ кроме ПЭВМ , на частоте 50 Гц, А/м;

✓  $H_{2\text{факт}}$  – значение напряженности магнитного поля, создаваемого ПЭВМ, на частоте 50 Гц, А/м.

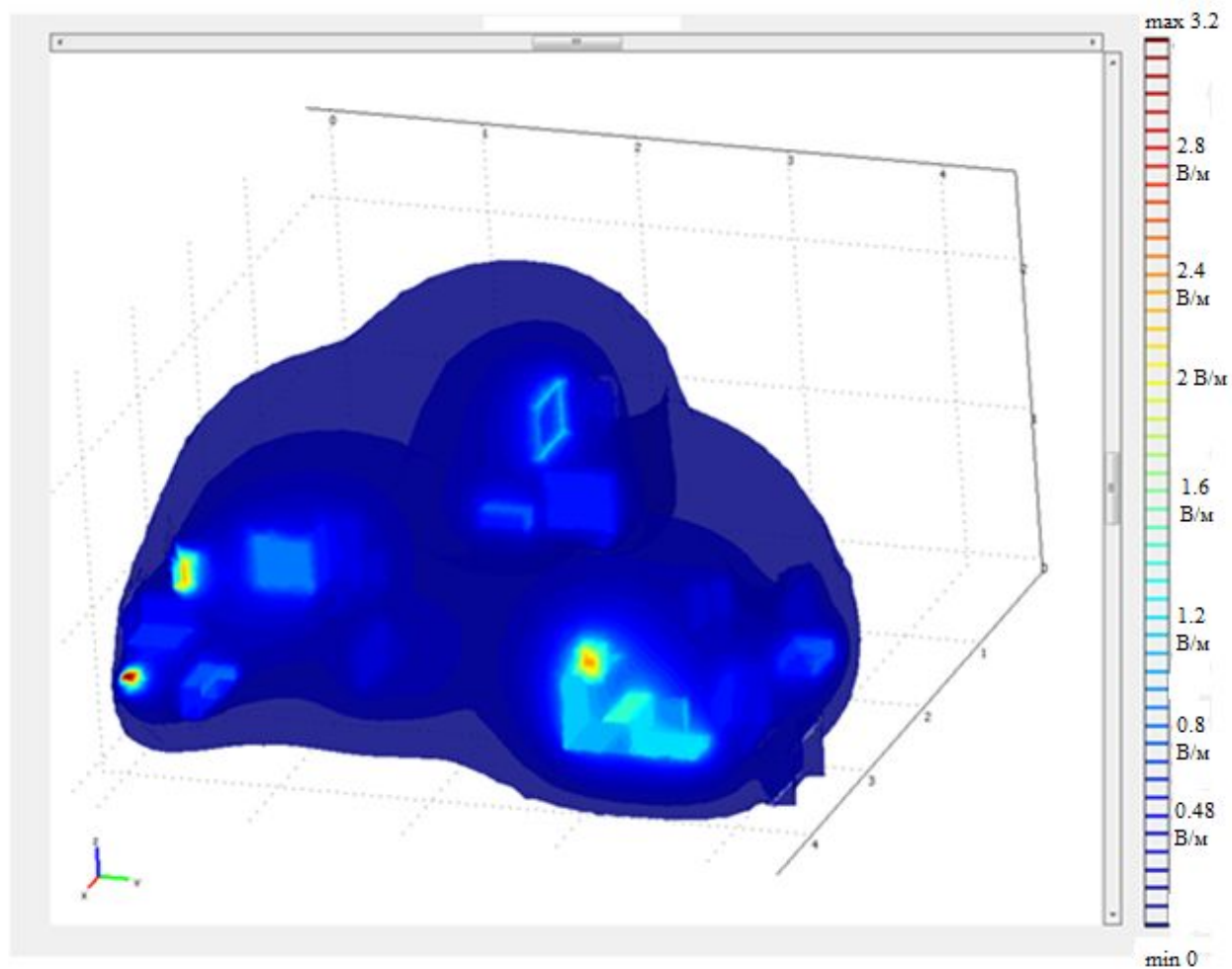
# Пространственная картина размещения оборудования в помещении издательства АлтГТУ



1 – прибор приемно-контрольный охранно-пожарный «КВАРЦ»;  
2 – многофункциональное устройство (МФУ) сканер-принтер-копир «Xerox Phaser 7700»;  
3, 8 – аудио колонка «microlab M-400II»;  
4 – принтер «HP LaserJet 1320»;  
5 – сабвуфер «microlab M-400II»;  
6, 18, 23 – системный блок персональной электронно-вычислительной машины (ПЭВМ) «MAKS line»;  
7 – жидкокристаллический монитор (ЖК) «Samsung SyncMaster»;  
9 – блок бесперебойного питания «PowerCom 800 VA»;  
10, 22 – электрический обогреватель мощностью 1 кВт;  
11 – блок бесперебойного питания «UPS 800 VA»;  
12 – принтер «HP LaserJet 4200»;  
13, 16 – сабвуфер «Swen SPS820»;  
14 – жидкокристаллический монитор «Samsung SyncMaster 710N»;  
15, 17, 34 – аудио колонка «Swen SPS820»;

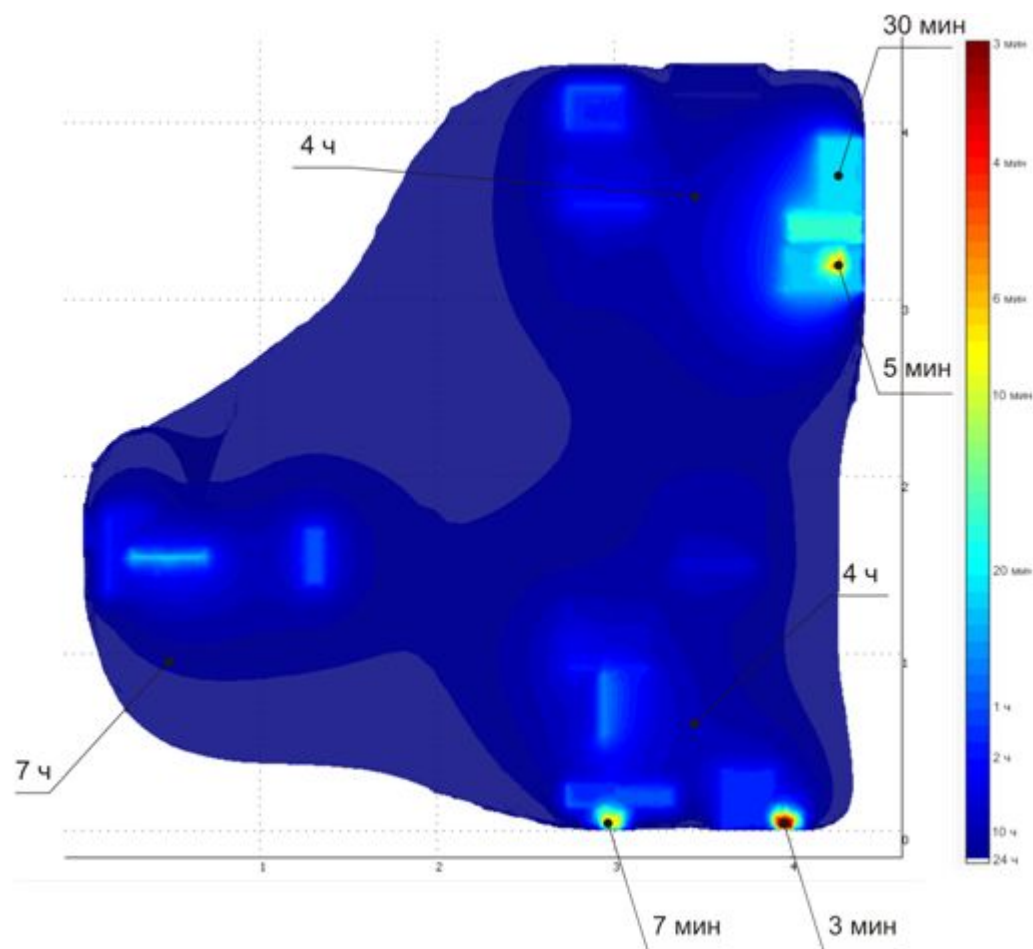
19 – жидкокристаллический монитор «ViewSonic Vg700»;  
20, 24 – сканер «HP»;  
21 – фильтр-удлинитель «Power Cube SPG B» с 5 гнездами;  
25 – многофункциональное устройство «EcoSys FS-6950DN»;  
26, 29 – радиотелефон «Panasonic»;  
27 – сетевой коммутатор (switch) «3Com» (40 портов);  
28 – жидкокристаллический монитор «NEC 17»;  
30 – системный блок ПЭВМ «GLX» (сервер);  
31 – факс «Panasonic»;  
32 – блок питания зарядного устройства телефона «Fly»;  
33 – электрический чайник «Scarlett Laura»;  
35 – источник бесперебойного питания «APC 800 VA»;  
36 – источник бесперебойного питания «APC 1000 VA»

# Трехмерная картина распределения напряженности электрического поля в помещении

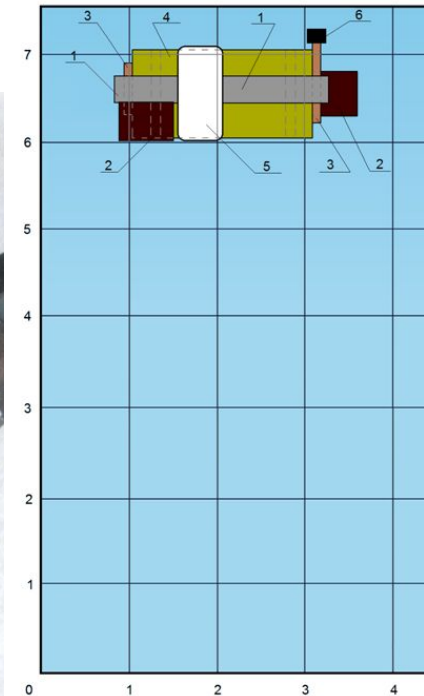
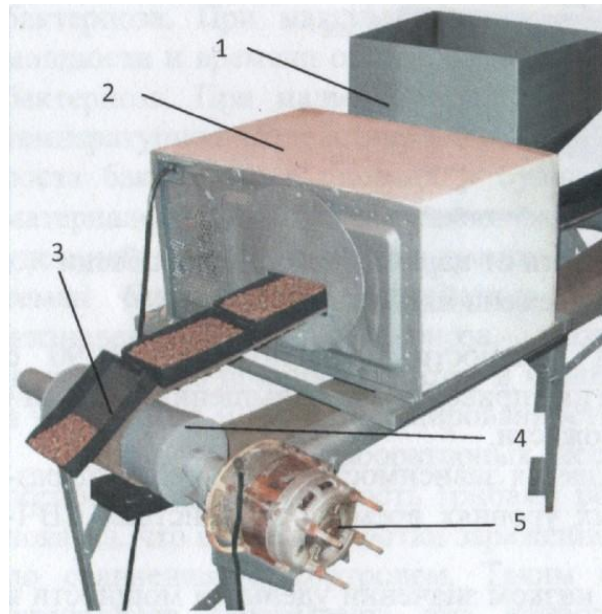




# Картина опасности электромагнитного излучения



# Аппаратурное обеспечение способа интегрированного контроля электромагнитных излучений



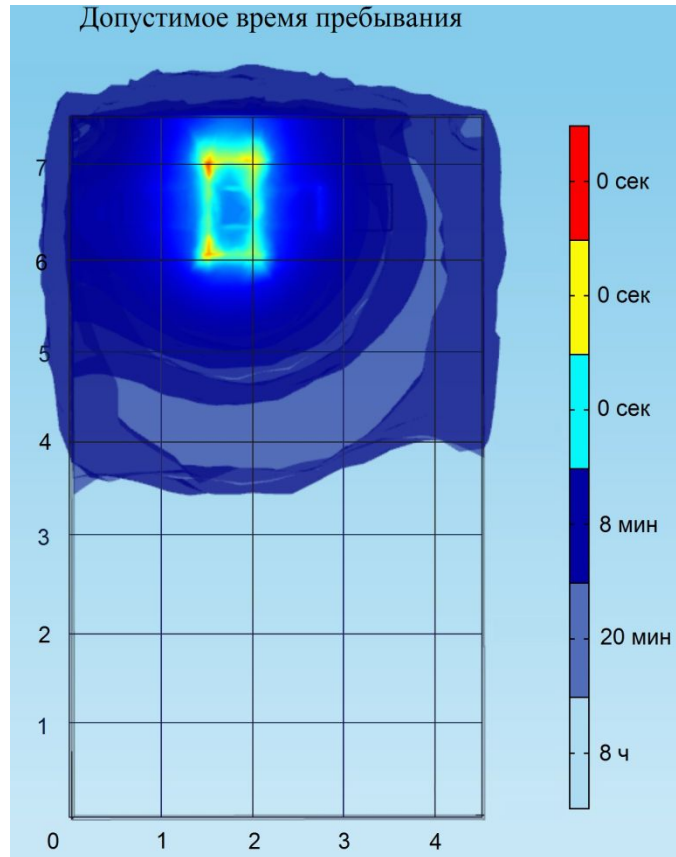
1 - бункер; 2 - СВЧ-камера; 3 - транспортерная лента с ячейками;  
4 - бункер; 5 - транспортерная лента с ячейками; 6 - барабан; 7 - стол;  
8 - барабан; 9 - электродвигатель СВЧ-камеры; 10 - электродвигатель  
Установка для обработки семян пшеницы в исследуемом помещении с СВЧ-установкой

# Результаты измерений напряженности электрического поля и плотности потока энергии от передней стенки СВЧ-камеры

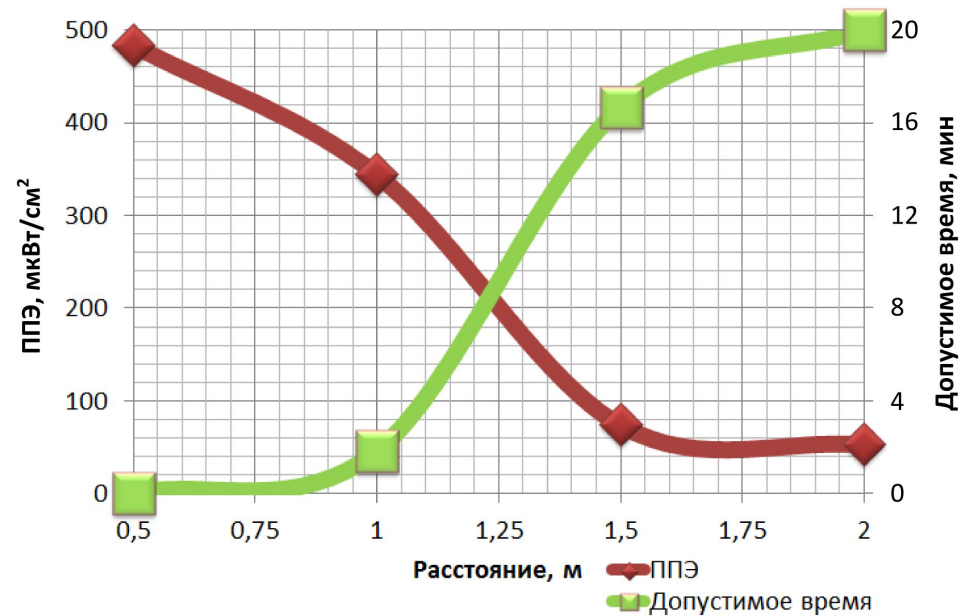
Расстояние между измерительным преобразователем и передней стенкой СВЧ-камеры, м	Напряженность электрического поля, В/м					Плотность потока энергии, мкВт/см <sup>2</sup>	
	Измерительные приборы / измерительные преобразователи						
	ПЗ-50/ АП ЕЗ-50	ПЗ-41/ АП-3	ПЗ-41/ АП-3	ПЗ-41/ АП-3	ПЗ-41/ АП-3	ПЗ-41/ 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

Примечание - красным цветом выделено превышение уровней ЭМП

# Пространственная картина опасности ЭМИ

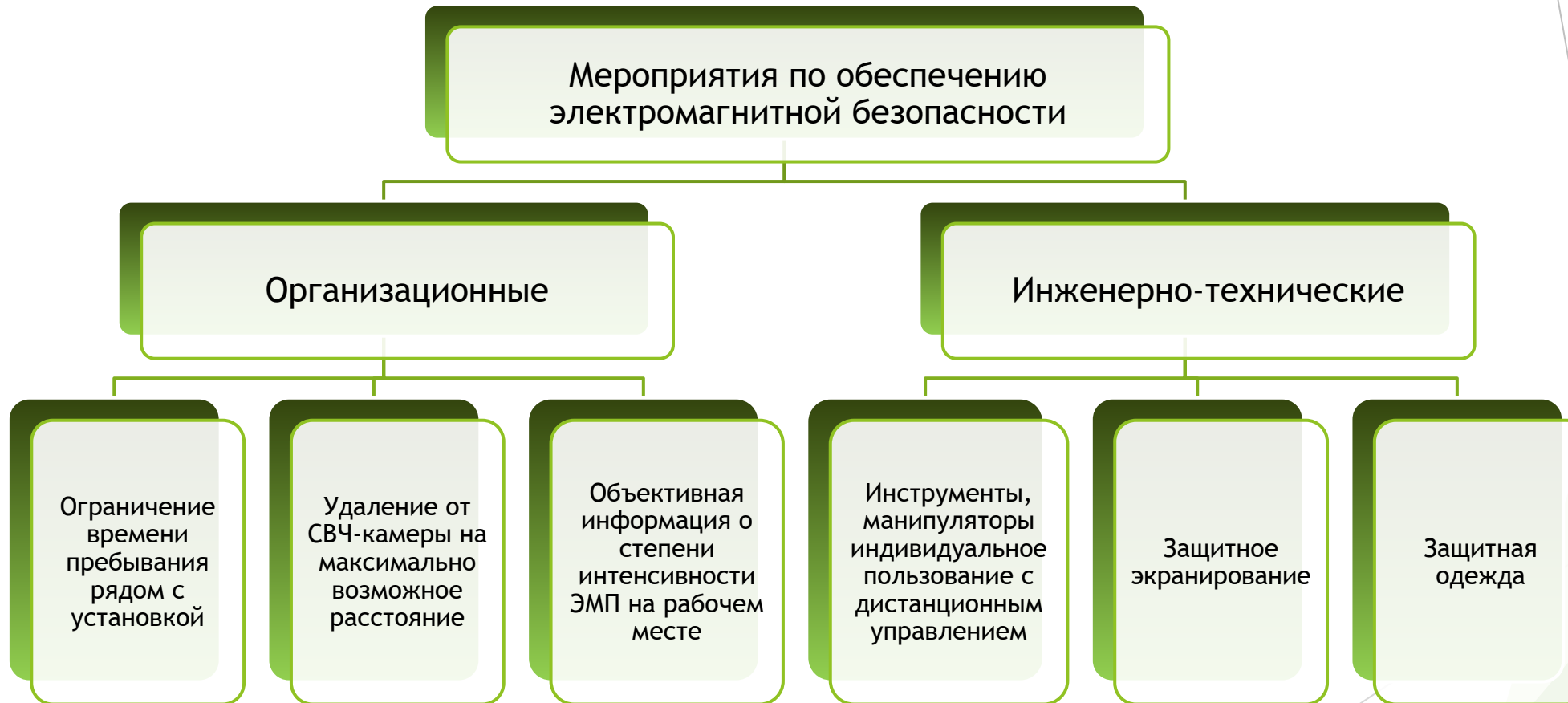


Картина опасности  
электромагнитного излучения



Зависимость плотности потока энергии и  
допустимого времени пребывания от расстояния до  
исследуемой установки при первичном  
исследовании

# Мероприятия по обеспечению электромагнитной безопасности процесса СВЧ-обработки семян

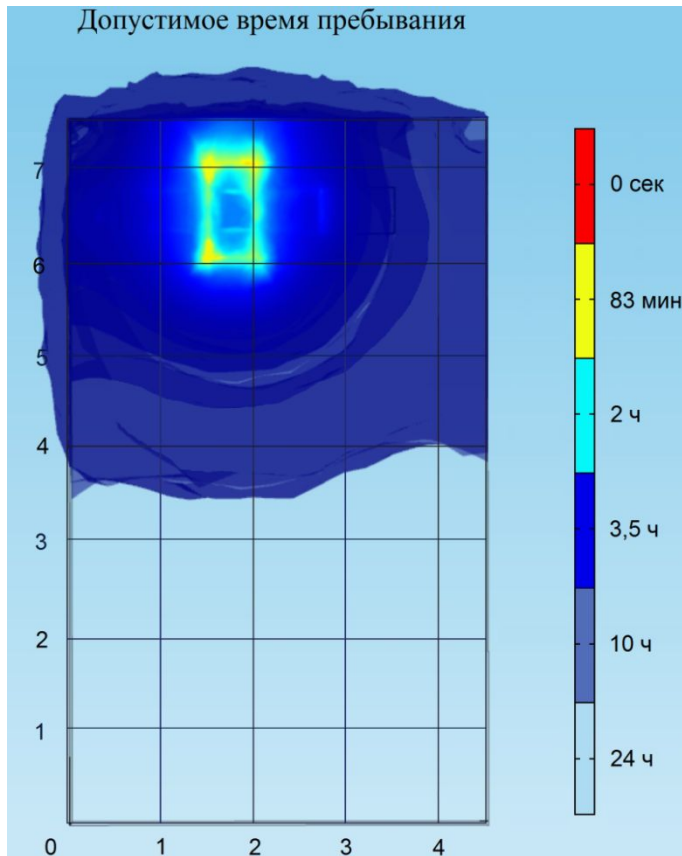


## Результаты измерений напряженности электрического поля и плотности потока энергии от передней стенки СВЧ-камеры в условиях экранирования

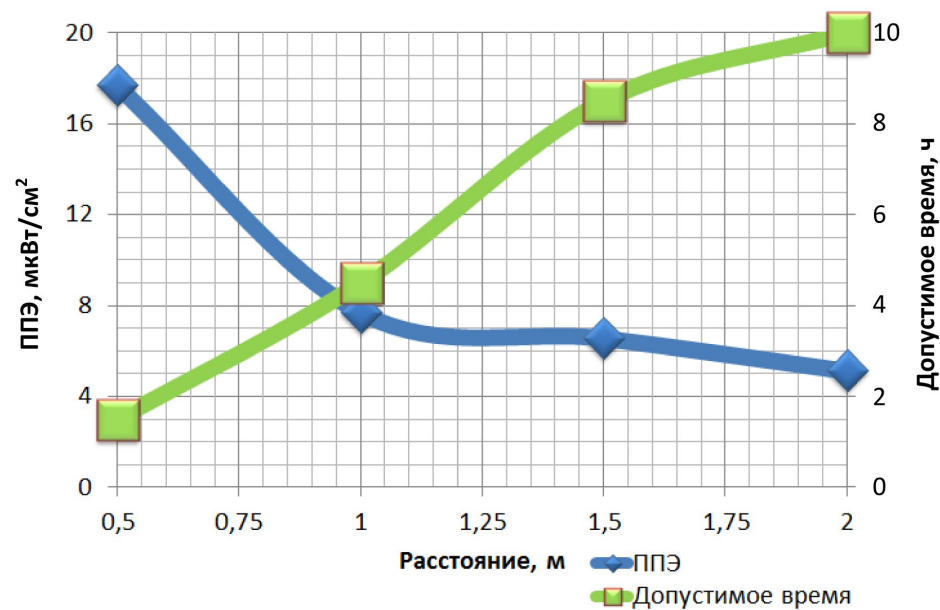
Расстояние между измерительным преобразователем и передней стенкой СВЧ-камеры, м	Напряженность электрического поля, В/м					Плотность потока энергии, мкВт/см <sup>2</sup>	
	Измерительные приборы / измерительные преобразователи						
	ПЗ-50/ АП ЕЗ-50	ПЗ-41/ АП-3	ПЗ-41/ АП-3	ПЗ-41/ АП-3	ПЗ-41/ АП-3	ПЗ-41/ 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

Примечание - красным цветом выделено превышение уровней ЭМП

# Пространственная картина опасности ЭМИ в условиях экранирования

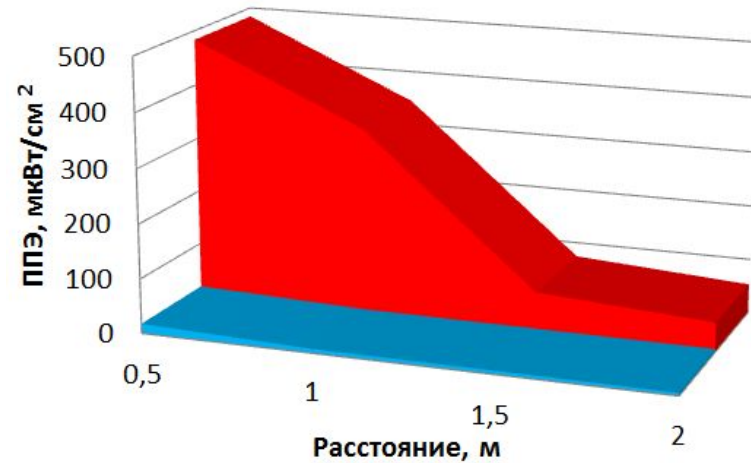


Картина опасности  
электромагнитного излучения в  
условиях экранирования



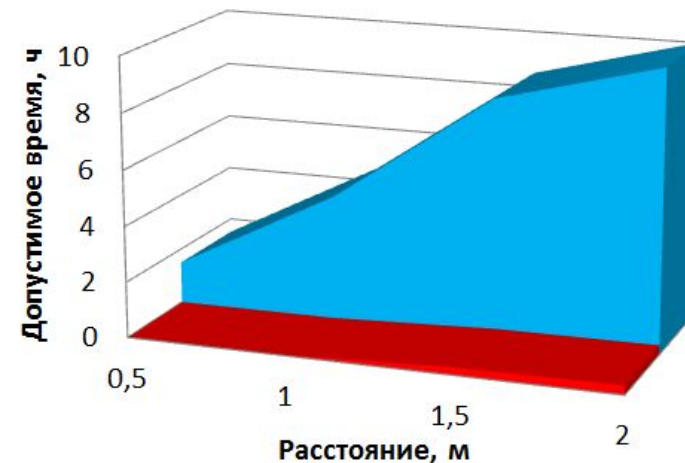
Зависимость плотности потока энергии и  
допустимого времени пребывания от расстояния  
до исследуемой установки в условиях  
экранирования

# Оценка эффективности защитного экранирования



■ ППЭ до экранирования  
■ ППЭ после экранирования

Расстояние, м	0,5	1	1,5	2
Допустимое время пребывания, с				
ППЭ до экранирования, мкВТ/см <sup>2</sup>	483,61	343,82	73,58	52,81
ППЭ после экранирования, мкВТ/см <sup>2</sup>	17,67	7,68	6,55	5,12



■ Время до экранирования  
■ Время после экранирования

Расстояние, м	0,5	1	1,5	2
Допустимое время пребывания, с				
Время пребывания до экранирования, мин	0,04	1,84	16,68	19,23
Время пребывания после экранирования, ч	1,42	4,61	8,53	9,83



# Основные выводы и результаты исследований

- Электротехнологические процессы сельскохозяйственного производства с использованием различных источников электромагнитных излучений могут представлять высокую опасность из-за превышения ПДУ составляющих электромагнитного поля. Для повышения электромагнитной безопасности на объектах АПК необходимо обеспечить контроль состояния электромагнитной обстановки и применять обоснованные защитные мероприятия.
- Известные способы контроля электромагнитной обстановки имеют узкую область применения и реализуют измерение только отдельных составляющих электромагнитного поля. При этом отсутствует возможность получения полной картины опасности контролируемого пространства.
- В качестве критерия оценки опасности ЭМИ от нескольких источников целесообразно использование минимально допустимого времени пребывания человека в различных зонах помещения, соответствующего наиболее опасным составляющим электромагнитного поля.
- Совершенствование механизма контроля электромагнитных излучений возможно на основе разработанной концепции комплексных исследований электромагнитной обстановки, предусматривающей получение пространственной картины электромагнитной опасности, которая представляет собой карту допустимого времени пребывания человека в различных зонах пространства.
- Практическую реализацию разработанной концепции обеспечивают новый способ и методика интегрированного контроля электромагнитных излучений, позволяющие получить карту допустимого времени пребывания человека в различных зонах пространства в результате выявления наиболее опасных составляющих электромагнитного излучения от различных источников в диапазоне исследуемых частот и компьютерного моделирования электромагнитных полей.

## Основные выводы и результаты исследований

- Применение предложенной методики при исследовании электромагнитной обстановки позволяет не только выявить наиболее опасные составляющие электромагнитных излучений, но и оценить эффективность защитных мероприятий. В частности, для технологического процесса предпосевной обработки семян в СВЧ-поле предложенное защитное экранирование увеличивает безопасное время пребывания человека в зоне от 0,5 м до 2,5 м от СВЧ-камеры до 10 ч, а на расстоянии более 2,5 м - до 24 ч. Без экранирования допустимое время пребывания в зоне от 0,5 м до 1,5 м составляло 8 мин, а в зоне от 1,5 м до 2,5 м - 20 мин.
- Экономическая эффективность предложенного способа определяется уменьшением удельных затрат на обследование электромагнитной обстановки до 3 раз и увеличением, более, чем в 2 раза, числа исследуемых объектов в течение года.
- Социальный эффект обусловлен упорядочением процесса оценки состояния электромагнитной обстановки. При этом не только снижается трудоемкость, но и повышается достоверность результатов контроля, а полученная пространственная картина опасности электромагнитных излучений позволяет обоснованно выбирать защитные мероприятия в условиях экономических и технических ограничений.

Спасибо за внимание!