

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра техносферной безопасности

РАСЧЕТ ЧАСТОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ.
ЗАЩИТА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭМИ

Методические указания к расчетно-графическому заданию по
дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»
для студентов специальностей

11.05.01 "Радиоэлектронные системы и комплексы" и
25.05.03 "Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования"

Мурманск
2018

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра техносферной безопасности

РАСЧЕТ ЧАСТОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ.
ЗАЩИТА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭМИ

Методические указания расчетно-графическому заданию по
дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»
для студентов специальностей

11.05.01 "Радиоэлектронные системы и комплексы" и
25.05.03 "Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования"

Мурманск
2018

УДК 614.8(076.5)

ББК68.9я7

Составитель – Наталья Евгеньевна Подобед, канд. техн. наук, доцент кафедры ТБ Мурманского государственного технического университета

Методические указания рассмотрены и одобрены кафедрой 30 мая 2018 г., протокол № 11

Рецензент – С.Н. Судак, канд. техн. наук, доцент кафедры экологии, инженерных систем и техносферной безопасности

Печатается в авторской редакции

Электронная верстка Н.Е. Подобед

© Мурманский государственный
технический университет, 2018

© Н. Е. Подобед, 2018

1. Общие сведения.

В производственных и бытовых условиях на человека оказывает воздействие широкий спектр электромагнитного излучения (ЭМИ). В зависимости от диапазона длин волн различают: электромагнитные излучения радиочастот, инфракрасное излучение, видимую область, ультрафиолетовое излучение, рентгеновское излучение и гамма- излучение и др.

Источниками электромагнитных излучений радиочастот (ЭМИ РЧ) являются устройства индукционного нагрева металлов и полупроводников, устройства диэлектрического нагрева, телевизионные и радиолокационные станции, антенны радиосвязи, приборы дефектоскопии.

Единицами ЭМИ являются: частота f , Гц, напряженность электрического поля E , В/м, напряженность магнитного поля H , А/м, плотность потока энергии ППЭ, Вт/м².

Интенсивность ЭМП, в котором в настоящее время живет большинство населения в миллионы раз превосходит уровень планетарного магнитного поля и резко отличается по своим характеристикам от полей естественного происхождения.

Особенно резко напряженность полей возрастает вблизи линий электропередач (ЛЭП), радио- и телестанций, средств радиолокации и радиосвязи (в том числе мобильной и спутниковой), различных энергетических и энергоемких установок, городского транспорта. В бытовых условиях повышение электромагнитных полей вызвано применением электроприборов, видеодисплейных терминалов, сотовых телефонов, пейджеров, которые излучают ЭМП самой различной частоты, модуляции и интенсивности.

Масштабы электромагнитного загрязнения среды стали столь существенными, что Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) включила

эту проблему в число наиболее актуальных в этом столетии для здоровья человека.

В настоящее время установлено влияние электромагнитных полей и излучений на все органы человеческого организма. Отрицательное воздействие ЭМП на человека и на те или иные компоненты экосистем прямо пропорциональны мощности поля и времени облучения. Длительное воздействие сильных ЭМП вызывает у человека нарушения эндокринной системы, обменных процессов, функции головного и спинного мозга, повышает склонность к депрессиям и даже самоубийству и увеличивает вероятность развития сердечнососудистых заболеваний и раковых опухолей.

Электромагнитное поле – это совокупность двух неразрывно связанных между собой переменных полей, характеризующихся напряженностью электрической (E , В/м) и магнитной (H , А/м) составляющих. Изменение этого поля в пространстве происходит с той же частотой (f , Гц), с которой пульсирует ток в проводнике.

Расстояние, на которое распространяется электромагнитная волна за один период, называется длиной волны $\lambda=c/f$, где c – скорость света, м/с.

Пространство вокруг источника ЭМП можно разделить на три зоны:

зону индукции – формирования волны, которая находится на расстоянии $R < \lambda/2\pi$;

зону интерференции, которая характеризуется наличием максимумов и минимумов потока энергии и находится на расстоянии R от источника: $\lambda/2\pi < R < 2\pi\lambda$;

зону излучения на расстоянии $R > 2\pi\lambda$.

При распространении ЭМП происходит перенос энергии, величина которой определяется вектором Умова-Пойтинга. Величина этого вектора измеряется в $Вт/м^2$ и называется интенсивностью I или плотностью потока энергии (ППЭ).

В первой зоне характеристическими критериями ЭМП являются отдельно напряженности электрической E и магнитной H составляющих, в зонах интерференции и излучения – комплексная величина ППЭ I .

В табл. 1. приведена классификация ЭМП в зависимости от диапазона радиочастот.

Таблица 1

Классификация ЭМП в зависимости от диапазона радиочастот

Диапазон радиочастот	f , Гц	λ , м	Нормируемые величины.
Высокие (ВЧ)	30 кГц...3МГц ($3 \cdot 10^4 \dots 3 \cdot 10^6$ Гц)	10 000...100	Е, Н ЭН _Е , ЭН _Н
Ультравысокие (УВЧ)	3МГц...300МГц ($3 \cdot 10^6 \dots 3 \cdot 10^8$ Гц)	100...1	То же
Сверхвысокие (СВЧ)	300МГц...300ГГц ($3 \cdot 10^8 \dots 3 \cdot 10^{11}$ Гц)	1...0,001	I, ЭН _{ППЭ}

В ВЧ-диапазоне электромагнитного поля длина волны намного больше размеров тела человека. Диэлектрические процессы, происходящие под воздействием ЭМП этого диапазона, выражены слабо. В результате происходит сокращение мышц, разогрев организма, страдает нервная система, повышается утомляемость.

На более высоких частотах в УВЧ- и СВЧ-диапазонах длина волны становится соизмерима с размерами человека и его отдельными органами, в тканях начинают преобладать диэлектрические потери, в электролитах (крови и лимфе) наводятся ионные вихревые токи. Энергия ЭМП поглощается организмом, превращаясь в тепловую энергию, нарушаются обменные процессы в клетках. До значения плотности потока поля $I \leq 10 \text{ Вт/м}^2$, называемого тепловым порогом, механизмы терморегуляции организма справляются с подводимым теплом. При большой интенсивности может повыситься температура. Особенно страдают органы со слабо-выраженным механизмом терморегуляции: мозг, глаза, желчный и мочевой пузырь, нервная система. Облучение глаз может привести к помутнению хрусталика (катаракте), возможны ожоги роговицы. Наблюдаются трофические явления в организме, старение и шелушение кожи, выпадение волос, ломкость ногтей.

В зависимости от интенсивности и времени воздействия изменения в организме могут быть обратимыми и необратимыми. Доказана наибольшая биологическая активность микроволнового СВЧ-поля в сравнении с

ВЧ и УВЧ.

Таким образом, если не принять мер защиты, то излучаемая электромагнитная энергия может оказать вредное влияние на организм человека.

Нормирование ведется в соответствии с Санитарными правилами и нормами (СанПиН) и документами системы безопасности труда (ССБТ).

Нормирование полей промышленной частоты 50 Гц в условиях производства осуществляется по напряженности электрической составляющей поля $E_d \leq 5 \text{ кВ/м}$ – при нахождении в контролируемой зоне работника в течение всего рабочего дня. При напряженности $5 - 20 \text{ кВ/м}$ допустимое время нахождения рассчитывается по специальной формуле

$$T_d = \frac{50}{E_{\text{изм}}} - 2,$$

где $E_{\text{изм}}$ – измеренная величина напряженности.

Предельно допустимый уровень напряженности для производства 25 кВ/м . Для жилого сектора напряженность от линии электропередач не должна превышать:

на территории жилой застройки 1 кВ/м ;

внутри жилых зданий $0,5 \text{ кВ/м}$.

Нормирование полей радиочастотного диапазона (данные приведены в таблице 2).

Для бытовых источников ЭМП массового использования, таких как сотовые телефоны и микроволновые печи, существуют специальные нормы, установленные Гигиеническими нормативами ГН 2.1.8./2.2.4.019-94 «Временные допустимые уровни (ВДУ) воздействия электромагнитных излучений, создаваемых системой сотовой связи». В работе этих систем используется следующий принцип: территория города и района делится на небольшие зоны (соты) радиусом $0,5 - 2 \text{ км}$, в центре каждой зоны располагается базовая станция. Системы сотовой радиосвязи работают в интервале $400 \text{ МГц} - 1,2 \text{ ГГц}$, т.е. в СВЧ-диапазоне. Максимальная мощность передатчиков базовых станций не превышает 100 Вт , коэффициент усиления антенны $10 - 16 \text{ дБ}$. Мощность передатчиков автомобильных станций $8 - 20 \text{ Вт}$, ручных радиотелефонов $0,8 - 5 \text{ Вт}$. Лица, профессионально связанные с источниками ЭМП, подвергаются его воздействию в тече-

ние рабочего дня, население, проживающее в непосредственной близости от базовых станций, – до 24 ч в сутки, пользователи – только во время телефонных разговоров.

Временно допустимые уровни (ВДУ) облучения:

профессиональное воздействие – предельно допустимое значение $I_{\text{ПД}} = 2/t$, Вт/м², $I_{\text{ПДмакс}} \leq 10$ Вт/м²;

непрофессиональное воздействие – облучение населения, проживающего вблизи антенн базовых станций – $I_{\text{ПД}} \leq 0,1$ Вт/м²; облучение пользователей радиотелефонов – $I_{\text{ПД}} \leq 1$ Вт/м²;

Предельно допустимые уровни плотности потока энергии, создаваемой микроволновыми печами в бытовых условиях – до 0,1 Вт/м² на расстоянии 50 ± 5 см от любой точки микроволновой печи.

Для защиты от ЭПМ РЧ используются следующие методы:

- уменьшение излучения в источнике;
- изменение направленности излучения;
- уменьшение времени воздействия;
- увеличение расстояния до источника излучения;
- защитное экранирование;
- применение средств индивидуальной защиты.

2. Расчет электромагнитных полей, часто используемых в производственных условиях

2.1. Оценка уровня воздействия электростатического поля (ЭСП)

В соответствии с выданным преподавателем заданием оценка уровня воздействия производится в следующей последовательности:

1. Произведите расчет предельно допустимого уровня напряженности электростатического поля при воздействии на персонал более одного часа за смену по формуле:

$$E_{\text{ПДУ}} = \frac{60}{\sqrt{t}}, \quad (1)$$

где $E_{\text{ПДУ}}$ – предельно допустимый уровень напряженности поля, кВ/м; t – время воздействия, ч.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) напряженности электростатического поля ($E_{\text{ПДУ}}$) устанавливается равным 60 кВ/м в течение 1 часа.

2. Определите допустимое время пребывания в ЭСП по формуле:

$$t_{\text{доп}} = \left(\frac{60}{E_{\text{факт}}} \right)^2, \quad (2)$$

где $E_{\text{факт}}$ – фактическое значение напряженности ЭСП, кВ/м .

При напряженности ЭСП, превышающей 60 кВ/м , работа без применения средств защиты не допускается, а при напряженности менее 20 кВ/м время пребывания не регламентируется.

3. По полученным расчетам сделайте вывод о времени работы персонала в ЭСП, в том числе с использованием средств защиты.

2.2. Оценка уровня воздействия электромагнитных полей (ЭМП) различных диапазонов частот

Оценка ЭМП различного диапазона частот осуществляется отдельно по напряженностям электрического поля (E , кВ/м) и магнитного поля (H , А/м) или индукции магнитного поля (B , мкТл), в диапазоне частот $300 \text{ МГц} - 300 \text{ ГГц}$ по плотности потока энергии (ППЭ, Вт/м^2), в диапазоне частот $30 \text{ кГц} - 300 \text{ ГГц}$ – по величине энергетической экспозиции.

2.2.1. ЭМП промышленной частоты

Предельно допустимый уровень напряженности ЭП на рабочем месте в течение всей смены устанавливается равным 5 кВ/м .

Оценка и нормирование ЭМП промышленной частоты на рабочих местах персонала проводится дифференцированно в зависимости от времени пребывания в электромагнитном поле.

1. Произведите расчет допустимого времени пребывания персонала (в соответствии с вариантом задания) в ЭП при напряженностях от 5 до 20 кВ/м по формуле:

$$T_E = \frac{50}{E} - 2, \quad (3)$$

где E – напряженность электрического поля в контролируемой зоне (E_1, E_2, E_3), $\kappaВ/м$; T – допустимое время пребывания в ЭП при соответствующем уровне напряженности, ч.

При напряженности ЭП от 20 до 25 $\kappaВ/м$ допустимое время пребывания составляет 10 мин. Пребывание в ЭП с напряженностью более 25 $\kappaВ/м$ без средств защиты не допускается.

2. Рассчитайте время пребывания персонала в течение рабочего дня в зонах с различной напряженностью ЭП по формуле:

$$T_{\text{пр}} = 8 \cdot \left(\frac{t_{E_1}}{T_{E_1}} + \frac{t_{E_2}}{T_{E_2}} + \frac{t_{E_3}}{T_{E_3}} + \frac{t_{E_n}}{T_{E_n}} \right), \quad (4)$$

где $T_{\text{пр}}$ – приведенное время, эквивалентное по биологическому эффекту пребывания в ЭП нижней границы нормируемой напряженности, ч;

$t_{E_1}, t_{E_2}, t_{E_3}, t_{E_n}$ – время пребывания в контролируемых зонах напряженностями E_1, E_2, E_3, E_n , ч;

$T_{E_1}, T_{E_2}, T_{E_3}, T_{E_n}$ – допустимое время пребывания для соответствующих зон, ч.

Проведенное время не должно превышать 8 ч. Различие в уровнях напряженности ЭП контролируемых зон устанавливается в 1 $\kappaВ/м$.

Требования действительны при условии, что проведение работ не связано с подъемом на высоту, исключена возможность воздействия электрических разрядов на персонал, а также при условиях защитного заземления всех изолированных от земли предметов, конструкций, частей оборудования, машин, механизмов, к которым возможно прикосновение работающих в зонах влияния ЭП.

2.2.2. ЭМП диапазона частот 30 $\kappaГц$ – 300 $Гц$

Оценка и нормирование ЭМП осуществляется по величине энергетической экспозиции (ЭЭ). Энергетическая экспозиция ЭМП определяется как произведение квадрата напряженности электрического или магнитного поля на время воздействия на человека

3. Рассчитайте энергетическую экспозицию в диапазоне частот 30 $\kappaГц$ – 300 $МГц$ (в соответствии с заданием) по формулам:

$$\text{ЭЭ}_e = E^2 \cdot T, \quad (5)$$

$$\text{ЭЭ}_H = H^2 \cdot T, \quad (6)$$

где E – напряженность электрического поля, B/m ; H – напряженность магнитного поля, A/m ; T – время воздействия на рабочем месте за смену, $ч$.

2. Рассчитайте энергетическую экспозицию по плотности потока энергии в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц по формуле:

$$\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}} = \text{ППЭ} \cdot T, \quad (7)$$

где ППЭ – плотность потока энергии ($\text{мкВт}/\text{см}^2$).

Предельно допустимые уровни энергетических экспозиций (ЭЭПДУ) на рабочих местах персонала за смену приведены в табл. 2.

Таблица 2

ПДУ энергетических экспозиций ЭМП
диапазона частот 30 кГц – 300 ГГц

Параметр	ЭЭПДУ в диапазонах частот, МГц				
	0,03–3,0	3,0–30,0	30,0–50,0	50,0–300,0	300,0 – 300 000,0
$\text{ЭЭ}_E, (B/m)^2 \cdot ч$	20 000	7000	800	800	-
$\text{ЭЭ}_H, (A/m)^2 \cdot ч$	200	-	0,72	-	-
$\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}} (\text{мкВ}/\text{см}^2) \cdot ч$	-	-	-	-	200

Максимальные допустимые уровни напряженности электрического и магнитного полей, плотности потока энергии ЭМП не должны превышать значений, представленных в табл. 3.

Таблица 3

Максимальные ПДУ напряженности и плотности потока энергии ЭМП диапазона частот 30 кГц – 300 ГГц

Параметр	ЭЭПДУ в диапазонах частот, МГц				
	0,03- 3,0	3,0-30,0	30,0-50,0	50,0-300,0	$3 \cdot 10^2 - 3 \cdot 10^5$
$E, (B/m)^2$	500	295	80	80	-
$H, (A/m)^2$	50	-	3,0	-	-
$\text{ППЭ}, \text{мкВ}/\text{см}^2$	-	-	-	-	1000 – 5000*

*Для условий локального облучения кистей рук.

Предельно допустимые уровни ЭМП диапазона частот 30 кГц – 300 ГГц для населения отражены в таблице 4.

3. Определите предельно допустимый уровень ЭМП для средств связи и телевизионного вещания по формуле:

$$E_{ПДУ} = 21 \cdot f^{0,37}, \quad (8)$$

где $E_{ПДУ}$ – значение предельно допустимого уровня напряженности электрического поля, В/м;

f – частота, МГц.

4. Рассчитайте предельно допустимый уровень плотности потока энергии при локальном облучении кистей рук при работе с микрополосовыми устройствами по формуле:

$$ППЭ_{ПДУ} = (K \cdot ЭЭ_{ППЭ_{пду}}) / T, \quad (9)$$

где $ЭЭ_{ППЭ_{пду}}$ – предельно допустимый уровень энергетической экспозиции потока энергии, равная 200 мкВт/см² (табл. 8.2.);

K – коэффициент ослабления биологической эффективности, равный 12,5;

T – время пребывания в зоне облучения за рабочий день (рабочую смену), ч.

Таблица 4

Предельно допустимые уровни ЭМП диапазона частот
30 кГц – 300 ГГц для населения

Диапазон частот	30-300 кГц	0,3 – 3 МГц	3 – 30 МГц	30 – 300 МГц	0,3 – 300 ГГц
Нормируемый параметр	Напряженность электрического поля E, В/м				Плотность потока энергии ППЭ, мкВт/см ²
Предельно допустимый уровень	25	15	10	3*	1000 – 2500**

* кроме средств радио- и телевизионного вещания (диапазон частот 48,5–108; 174–230 МГц).

** для случаев облучения от антенн, работающих в режиме кругового обзора или сканирования.

Во всех случаях максимальное значение $ППЭ_{ПДУ}$ не должно превышать 50 Вт/м^2 (5000 мкВт/см^2).

5. Рассчитайте предельно допустимую плотность потока энергии при облучении лиц от антенн, работающих в режиме кругового обзора или сканирования с частотой не более 1 кГц и скважностью не менее 20 по формуле:

$$ППЭ_{ПДУ} = K \cdot (\mathcal{E}\mathcal{E}_{ППЭ_{пду}} / T), \quad (10)$$

где K – коэффициент ослабления биологической активности прерывистых воздействий, равный 10 .

При этом плотность потока энергии не должна превышать для диапазона частот $300 \text{ МГц} - 300 \text{ ГГц}$ - 10 Вт/м^2 (1000 мкВт/см^2).

6. Определите предельно допустимое значение интенсивности ЭМИ в диапазоне $60 \text{ кГц} - 300 \text{ МГц}$ ($E_{ПДУ}$, $H_{ПДУ}$, $ППЭ_{ПДУ}$) в зависимости от времени воздействия в течение рабочего дня (рабочей смены) по формулам:

$$E_{ПДУ} = \sqrt{\frac{\mathcal{E}\mathcal{E}_{E_{ПДУ}}}{T}}, \quad (11)$$

$$H_{ПДУ} = \sqrt{\frac{\mathcal{E}\mathcal{E}_{H_{ПДУ}}}{T}}, \quad (12)$$

$$ППЭ_{ПДУ} = \frac{\mathcal{E}\mathcal{E}_{ППЭ_{ПДУ}}}{T}, \quad (13)$$

где $E_{ПДУ}$, $H_{ПДУ}$ и $ППЭ_{ПДУ}$ – предельно допустимые уровни напряженности электрического, магнитного поля и плотность потока энергии;

$\mathcal{E}\mathcal{E}_E$, $\mathcal{E}\mathcal{E}_H$, и $\mathcal{E}\mathcal{E}_{ППЭ_{пду}}$ – предельно допустимые уровни энергетической экспозиции в течение рабочего дня (рабочей смены), указанные в табл. 2.

Значения предельно допустимых уровней напряженности электрической ($E_{ПДУ}$), магнитной ($H_{ПДУ}$) составляющих и плотности потока энергии ($ППЭ_{ПДУ}$) в зависимости от продолжительности воздействия ЭМИ радиочастот приведены в табл. 8.5., 8.6.

ПДУ напряженности электрического и магнитного поля диапазона частот 10–30 кГц при воздействии в течение всего рабочего дня (рабочей смены) составляют 500 В/м и 50 А/м, а при работе до двух часов за смену – 1000 В/м и 100 А/м соответственно.

В диапазонах частот 30 кГц – 3 МГц и 30 – 50 МГц учитывается ЭЭ создаваемые как электрическим (ЭЭ_Е), так магнитными (ЭЭ_Н) полями:

$$\frac{\text{ЭЭ}_E}{\text{ЭЭ}_{E_{\text{ПДУ}}}} + \frac{\text{ЭЭ}_H}{\text{ЭЭ}_{H_{\text{ПДУ}}}} \leq 1. \quad (14)$$

При облучении от нескольких источников ЭМП, работающих в частотных диапазонах, для которых установлены различные ПДУ, должны соблюдаться следующие условия:

$$\frac{\text{ЭЭ}_{E_1}}{\text{ЭЭ}_{E_{\text{ПДУ}_1}}} + \frac{\text{ЭЭ}_{E_2}}{\text{ЭЭ}_{E_{\text{ПДУ}_2}}} + \dots + \frac{\text{ЭЭ}_{E_n}}{\text{ЭЭ}_{E_{\text{ПДУ}_n}}} \leq 1. \quad (15)$$

Таблица 5

Предельно допустимые уровни напряженности электрической и магнитной составляющих в диапазоне частот 30 кГц – 300 МГц в зависимости от продолжительности воздействия

Продолжительность воздействия Т, ч	E _{ПДУ} , В/м			H _{ПДУ} , А/м	
	0,03 – 3 МГц	3 – 30 МГц	30 – 300 МГц	0,3 – 3 МГц	30 – 50 МГц
8,0 и более	50	30	10	5,0	0,30
7,5	52	31	10	5,0	0,31
7,0	53	32	11	5,3	0,32
6,5	55	33	11	5,5	0,33
6,0	58	34	12	5,8	0,34
5,5	60	36	12	6,0	0,36
5,0	63	37	13	6,3	0,38
4,5	67	39	13	6,7	0,40
4,0	71	42	14	7,1	0,42
3,5	76	45	15	7,6	0,45
3,0	82	48	16	8,2	0,49
2,5	89	52	18	8,9	0,54
2,0	100	59	20	19,0	0,60
1,5	115	68	23	1,5	0,69

Продолжительность воздействия T, ч	E _{ПДУ} , В/м			H _{ПДУ} , А/м	
	0,03 – 3 МГц	3 – 30 МГц	30 – 300 МГц	0,3 – 3 МГц	30 – 50 МГц
1,0	141	84	28	14,2	0,85
90,5	200	118	40	20,0	1,20
0,25	283	168	57	28,3	1,70
0,125	400	236	80	40,0	2,40
0,08 и менее	500	296	80	50,0	3,00

Примечание. При продолжительности воздействия менее 0,08ч дальнейшее повышение интенсивности не допускается.

При одновременном или последовательном облучении персонала от источников, работающих в непрерывном режиме, и от антенн, излучающих в режиме кругового обзора и сканирования, суммарная ЭЭ рассчитывается по формуле:

$$\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ сум}} = \text{ЭЭ}_{\text{ППЭ н}} \cdot \text{ЭЭ}_{\text{ППЭ пр}}, \quad (16)$$

где $\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ сум}}$ – суммарная ЭЭ, которая не должна превышать 200 мкВт/см²ч;

$\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ н}}$ – ЭЭ, создаваемая непрерывным излучением;

$\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ пр}}$ – ЭЭ, создаваемая прерывистым излучением вращающихся или сканирующих антенн, равная $(0,1 \cdot \text{ППЭ}_{\text{пр}} \cdot T_{\text{пр}})$.

Таблица 6

Предельно допустимые уровни плотности потока энергии
в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц в зависимости
от продолжительности воздействия

Продолжительность воздействия T, ч	ППЭ _{ПДУ} , мкВт/см ²	Продолжительность воздействия T, ч	ППЭ _{ПДУ} , мкВт/см ²
8,0 и более	25	3,5	57
7,5	27	3,0	67
7,0	29	2,5	80
6,5	31	2,0	100
6,0	33	1,5	133
5,5	36	1,0	200
5,0	40,0	90,5	400

Продолжительность воздействия T , ч	ППЭ _{ПДУ} , мкВт/см ²	Продолжительность воздействия T , ч	ППЭ _{ПДУ} , мкВт/см ²
4,5	44	0,25	800
4,0	50	0,2 и менее	1000

Примечание. При продолжительности воздействия менее 0,2 часа дальнейшее повышение интенсивности воздействия не допускается.

2.2.3. Оценка воздействия импульсных электромагнитных полей (РТО и ЭМП)

Определить амплитудно-временные параметры источника импульсного электромагнитного поля (ИЭМП) радиотехнического объекта (РТО) по построенному графическому изображению импульса по данным варианта (табл.9).

Основными параметрами при оценке воздействия ИЭМП на персонал РТО является максимальное амплитудное значение напряженности электрического поля в импульсе ($E_{\text{макс}}$) и общего количества электромагнитных импульсов (N) в течение рабочего дня.

Временными параметрами, характеризующими электромагнитный импульс, являются:

- длительность фронта ($t_{\text{фр}}$, нс);
- длительность импульса ($t_{\text{имп}}$, нс).

Определение амплитудно-временных параметров ИЭМП производится по результатам проведенных измерений, построения и последующего анализа графического изображения импульса в следующей последовательности (на примере осциллограммы, рис. 1 и 2).

На осциллограмме (рис.1) выделите пик с наибольшим значением напряженности ИЭМП, по которому определите основные нормируемые и контролируемые параметры ИЭМП:

- $E_{\text{макс}}$ – максимальное амплитудное значение интенсивности, кВ/м;
- $t_{\text{фр}}$ – длительность фронта импульса, которая определяется как интервал времени между первыми достижениями значений напряженности электрической (магнитной) составляющей ИЭМП уровней 10% и 90% максимального амплитудного значения, нс;

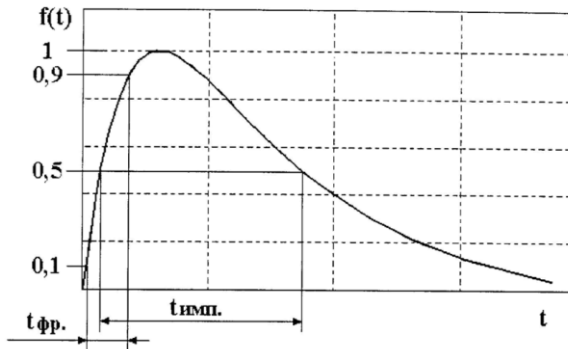


Рис.1. Функция изменения напряженности составляющих ИЭМП во времени

- $t_{\text{имп}}$ – длительность импульса, которая определяется как интервал времени между первым достижением значения напряженности электрической (магнитной) составляющей ИЭМП уровня 50% амплитуды и моментом времени, после которого значение напряженности электрической (магнитной) составляющей ИЭМП становится менее 50% максимального амплитудного значения, нс.

Значения напряженности электрической составляющей ЭМП в диапазоне времени измерения – $E(t)$ определите из соотношения:

$$E(t) = E_{\text{макс}} f(t), \quad (17)$$

где $E_{\text{макс}}$ – амплитудное значение электрической составляющей электромагнитного поля, кВ/м;

$f(t)$ – функция изменения напряженности ЭМП во времени, составляющая для 10%, 50%, 90% максимального амплитудного значения 0,1; 0,5 и 0,9 соответственно (рис.2).

В случае проведения контроля интенсивности ИЭМП по напряженности магнитной составляющей для дальнейшей оценки электромагнитной обстановки на соответствие ПДУ ИЭМП произведите перерасчет полученных величин в значения напряженности электрической составляющей ИЭМП по формуле:

$$E(t) = R \cdot H(t), \quad (18)$$

где $E(t)$ – функция напряженности электрической составляющей ИЭМП от времени (t), В/м; $H(t)$ – функция напряженности магнитной составляющей ИЭМП от времени (t), А/м; R – волновое сопротивление свободного пространства, принимаемое равным 377 Ом.

Допустимое общее количество электромагнитных импульсов (N), воздействующих на персонал в течение всего рабочего дня (рабочей смены), с амплитудой напряженности (E) меньшей $E_{\text{ПДУ}}$, рассчитайте по соотношению:

$$N = 25 \cdot \frac{E_{\text{ПДУ}}}{E}, \quad (19)$$

где $E_{\text{ПДУ}}$ – предельно допустимые уровни напряженности электрической составляющей ИЭМП, кВ/м; E – напряженность электрической составляющей ИЭМП, кВ/м.

При одновременном облучении от нескольких источников ИЭМП соблюдается ограничение по общему количеству импульсов, воздействующих на персонал в течение всего рабочего дня (рабочей смены).

2.3. Защита от воздействия электромагнитного поля

Защита от излучений и электромагнитных полей в нашей республике регламентируется Законом ПМР «Об охране окружающей среды», а также рядом нормативных документов (ГОСТы, СанПиНы, СНиП др.).

В целях предупреждения неблагоприятного влияния на состояние здоровья производственного персонала объектов и населения ЭМП используют комплекс мер, включающий в себя проведение организационных, инженерно-технических и лечебно-профилактических мероприятий.

Основной способ защиты населения от возможного вредного воздействия ЭМП ЛЭП – создание охранных зон шириной от 15 до 30 м в зависимости от напряжения линий электропередачи. На открытой местности применяют тросовые экраны, железобетонные заборы, высаживают деревья высотой более 2 м.

Организационные мероприятия включают:

выделение зон воздействия ЭМП (с уровнем, превышающим ПДУ с ограждением и обозначением соответствующими предупредительными знаками);

выбор рациональных режимов работы оборудования;
расположение рабочих мест и маршрутов передвижения обслуживающего персонала на расстояниях от источников ЭМП, обеспечивающих соблюдение ПДУ;

ремонт оборудования, являющегося источником ЭМП, следует проводить по возможности вне зоны влияния полей от других источников;

организацией системы оповещения о работе источников ИЭМП;
разработка инструкции по безопасным условиям труда при работе с источником ИЭМП;

соблюдение правил безопасной эксплуатации источников ЭМП.

Инженерно-технические мероприятия включают:

рациональное размещение оборудования;
организация дистанционного управления аппаратурой;
заземление всех изолированных от земли крупногабаритных объектов, включая машины и механизмы, металлические трубы отопления, водоснабжения и т. д., а также вентиляционные устройства;

использование средств, ограничивающих поступление электромагнитной энергии на рабочие места персонала (поглотители мощности, экранирование отдельных блоков или всей излучающей аппаратуры, рабочего места, использование минимальной необходимой мощности генератора, покрытие стен, пола и потолка помещений радиопоглощающими материалами);

применение средств коллективной и индивидуальной защиты (защитные очки, щитки, шлемы; защитная одежда – комбинезоны и костюмы с капюшонами, изготовленные из специальной электропроводящей, радиоотражающей или радиопоглощающей ткани; рукавицы или перчатки, обувь). Все части защитной одежды должны иметь между собой электрический контакт.

Лечебно-профилактические мероприятия:

все лица, профессионально связанные с обслуживанием и эксплуатацией источников ЭМП, в том числе импульсных, должны проходить предварительный при поступлении на работу (отбор для лиц для работы с импульсными источниками) и периодические профилактические медосмотры в соответствии с действующим законодательством;

лица, не достигшие 18-летнего возраста и беременные женщины допускаются к работе в условиях возникновения ЭМП только в случаях, когда интенсивность ЭМП на рабочих местах не превышает ПДУ, установленный для населения;

контроль за условиями труда, за соблюдением санитарно-эпидемиологических правил и нормативов на рабочих местах;

3. Порядок выполнения задания

1. Выбрать вариант (см. табл. 9). Студенты очной формы обучения получают вариант у преподавателя, заочной – по последней цифре в зачетной книжке.

2. Ознакомиться с методикой расчета.

3. В соответствии с данными варианта дать оценку уровня воздействия электростатического поля (ЭСП), определить допустимое время пребывания в ЭСП. По полученным расчетам сделать вывод о времени работы персонала в ЭСП, в том числе с использованием средств защиты.

4. Дать оценку уровня воздействия электромагнитных полей (ЭМП) различных диапазонов промышленных частот согласно данным варианта:

4.1. ЭМП ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ. Рассчитать время пребывания персонала в течение рабочего дня в зонах с различной напряженностью ЭП.

4.2. ЭМП ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ 30 КГЦ – 300 ГГЦ. Рассчитать энергетическую экспозицию в диапазоне частот 30 кГц – 300 МГц (в соответствии с заданием). Рассчитать энергетическую экспозицию по плотности потока энергии в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц. Определить предельно допустимый уровень ЭМП для средств связи и телевизионного вещания. Рассчитать предельно допустимый уровень плотности потока энергии при локальном облучении кистей рук при работе с микрополосовыми устройствами. Рассчитать предельно допустимую плотность потока энергии при облучении лиц от антенн, работающих в режиме кругового обзора или сканирования. Определить предельно допустимое значение интенсивности ЭМИ в диапазоне 60 кГц – 300 МГц ($E_{\text{ПДУ}}$, $H_{\text{ПДУ}}$, $\text{ППЭ}_{\text{ПДУ}}$)

в зависимости от времени воздействия в течение рабочего дня (рабочей смены).

4. Пример расчета частот электромагнитного поля, используемых в производственных условиях

1. Исходные данные:

Время воздействия, t	$E_{\text{факт.}}$, кВ/м	$E_{1,}$, кВ/м	$E_{2,}$, кВ/м	$E_{3,}$, кВ/м	T_{E1}	T_{E2}	T_{E3}	E , В/м	H , А/м	ППЭ, Вт/м ²	F , МГц	$\Sigma E_{\text{ЭПДУ}}$, (В/м) ² ч	$\Sigma E_{\text{НПДУ}}$, (А/м) ² ч	$E_{\text{макс}}$, кВ/м	$t_{\text{фр}}$, нс	$t_{\text{нмп}}$, нс
5	35	11	12	13	0,8	1,7	1,0	4	0,15	7	175	$2 \cdot 10^4$	200	4,0	13	62

Цель работы: провести расчет ЭМП, часто используемых в производственных условиях и сравнить их с допустимыми величинами для разработки мероприятий по защите от воздействия ЭМП.

Ход работы:

1. Оценка уровня воздействия электростатического поля (ЭСП)

1.1. Предельно допустимый уровень напряженности электростатического поля при воздействии на персонал более одного часа за смену определим по формуле (1):

$$E_{\text{ПДУ}} = \frac{60}{\sqrt{t}}$$

В нашем случае:

$$E_{\text{ПДУ}} = \frac{60}{\sqrt{5}} = 26,7 \text{ (кВ/м)},$$

где $E_{\text{ПДУ}}$ – предельно допустимый уровень напряженности поля, кВ/м;
 $t = 5$ – время воздействия, ч.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) напряженности электростатического поля ($E_{\text{ПДУ}}$) устанавливается равным 60 кВ/м в течение 1 часа [6].

Определим допустимое время пребывания в ЭСП по формуле (2):

$$t_{\text{доп}} = \left(\frac{60}{E_{\text{факт}}} \right)^2$$

В нашем случае:

$$t_{\text{доп}} = \left(\frac{60}{35} \right)^2 = 2,9 \text{ (ч)},$$

где $E_{\text{факт}}$ – фактическое значение напряженности ЭСП, кВ/м.

2. Оценка уровня воздействия электромагнитных полей (ЭМП) различных диапазонов частот

2.1. ЭМП промышленной частоты

Допустимое время пребывания персонала в ЭП при напряженностях от 5 до 20 кВ/м определяем по формуле (8.3.):

$$T_E = \frac{50}{E} - 2$$

В нашем случае:

$$T_{E_1} = \frac{50}{E_1} - 2 = \frac{50}{11} - 2 = 2,5 \text{ ч}$$

$$T_{E_2} = (50 / E_2) - 2 = (50 / 12) - 2 = 2,2 \text{ (ч)}$$

$$T_{E_3} = (50 / E_3) - 2 = (50 / 13) - 2 = 1,8 \text{ (ч)},$$

где E – напряженность электрического поля в контролируемой зоне (E_1, E_2, E_3), кВ/м;

T – допустимое время пребывания в ЭП при соответствующем уровне напряженности, ч.

Время пребывания персонала в течение рабочего дня в зонах с различной напряженностью ЭП по формуле (4.):

$$T_{\text{пр}} = 8 \cdot \left(\frac{t_{E_1}}{T_{E_1}} + \frac{t_{E_2}}{T_{E_2}} + \frac{t_{E_3}}{T_{E_3}} + \dots + \frac{t_{E_n}}{T_{E_n}} \right)$$

В нашем случае:

$$T_{\text{пр}} = 8 \cdot \left(\frac{0,8}{2,5} + \frac{1,7}{2,2} + \frac{1,0}{1,8} \right) = 8 \cdot (0,32 + 0,7 + 0,56) = 13,2 \text{ ч}$$

где $T_{пр}$ – приведенное время, эквивалентное по биологическому эффекту пребывания в ЭП нижней границы нормируемой напряженности, ч;

$t_{E1}, t_{E2}, t_{E4}, \dots, t_{En}$ – время пребывания в контролируемых зонах напряженностями $E_1, E_2, E_3, \dots, E_n$, ч;

$T_{E1}, T_{E2}, T_{E3}, T_{En}$ – допустимое время пребывания для соответствующих зон, ч.

$$13,2 \text{ (ч)} > 8 \text{ (ч)},$$

2.2. ЭМП диапазона частот 30 кГц – 300 ГГц

Оценка и нормирование ЭМП осуществляется по величине энергетической экспозиции (ЭЭ). Энергетическая экспозиция ЭМП определяется как произведение квадрата напряженности электрического или магнитного поля на время воздействия на человека.

Энергетическая экспозиция в диапазоне частот 30 кГц – 300 МГц определяется по формулам (5) и (6):

$$\text{ЭЭ}_E = E^2 \cdot T,$$

$$\text{ЭЭ}_H = H^2 \cdot T$$

В нашем случае:

$$\text{ЭЭ}_E = 4^2 \cdot 5 = 80 \text{ (В/м)}$$

$$\text{ЭЭ}_H = 0,15^2 \cdot 5 = 0,1125 \text{ (А/м)},$$

где $E = 4 \text{ В/м}$ – напряженность электрического поля; $H = 0,15 \text{ А/м}$ – напряженность магнитного поля; $T = 5 \text{ ч}$ – время воздействия на рабочем месте за смену.

Энергетическая экспозиция по плотности потока энергии в диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц определяется по формуле (7):

$$\text{ЭЭ}_{ППЭ} = \text{ППЭ} \cdot T$$

В нашем случае:

$$\text{ЭЭ}_{ППЭ} = 700 \cdot 5 = 3500 \text{ (мкВт/см}^2\text{)},$$

где $\text{ППЭ} = 700 \text{ (мкВт/см}^2\text{)}$ – плотность потока энергии.

Предельно допустимый уровень ЭМП для средств связи и телевизионного вещания определяется по формуле (8.8.):

$$E_{пду} = 21 \cdot f^{-0,37}$$

В нашем случае:

$$E_{пду} = 21 \cdot 175^{-0,37} = 3,1 \text{ (В/м)},$$

где $E_{ПДУ}$ – значение предельно допустимого уровня напряженности электрического поля, B/m ;

f – частота, $MГц$.

Предельно допустимый уровень ЭМП диапазона частот $30 \text{ кГц} - 300 \text{ ГГц}$ для населения не должен превышать $3 \text{ Вт/м}^2 = 300 \text{ мкВт/см}^2$.

Предельно допустимый уровень плотности потока энергии при локальном облучении кистей рук при работе с микрополосовыми устройствами определяется по формуле (9):

$$ППЭ_{ПДд} = (K \cdot ЭЭ_{ППЭ_{ПДУ}}) / T$$

В нашем случае:

$$ППЭ_{ПДд} = (12,5 \cdot 200) / 5 = 500 \text{ (мкВт/см}^2) = 5 \text{ (Вт/м}^2),$$

где $ЭЭ_{ППЭ_{ПДУ}}$ – предельно допустимый уровень энергетической экспозиции потока энергии, равный 200 мкВт/см^2 (табл. 2.); K – коэффициент ослабления биологической эффективности, равный $12,5$;

T – время пребывания в зоне облучения за рабочий день (рабочую смену), ч.

Предельно допустимая плотность потока энергии при облучении лиц от антенн, работающих в режиме кругового обзора или сканирования с частотой не более 1 кГц и скважностью не менее 20 определяется по формуле (10):

$$ППЭ_{ПДУ} = K \cdot (ЭЭ_{ППЭ_{ПДУ}} / T)$$

В нашем случае:

$$ППЭ_{ПДУ} = 10 \cdot (200 / 5) = 400 \text{ (мкВт/см}^2) = 4 \text{ (Вт/м}^2),$$

где K – коэффициент ослабления биологической активности прерывистых воздействий, равный 10 .

Предельно допустимое значение интенсивности ЭМИ в диапазоне $60 \text{ кГц} - 300 \text{ МГц}$ ($E_{ПДУ}$, $H_{ПДУ}$, $ППЭ_{ПДУ}$) в зависимости от времени воздействия в течение рабочего дня (рабочей смены) определяется по формулам (11), (12), (13):

$$E_{ПДУ} = (ЭЭ_{Е_{ПДУ}} / T)^{1/2}$$

В нашем случае:

$$E_{ПДУ} = (20\,000 / 5)^{1/2} = 63,2 \text{ (В/м)}, \text{ т.е. } (63,2 > 63)$$

$$63,2 < 800$$

$$H_{ПДУ} = (ЭЭ_{H_{ПДУ}} / T)^{1/2}$$

В нашем случае:

$$H_{\text{ПДУ}} = (200 / 5)^{1/2} = 6,3 \text{ (А/м)}, \text{ т.е. } (6,3 = 6,3)$$

$$\text{ППЭ}_{\text{ПДУ}} = \text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}_{\text{пду}}} / T$$

В нашем случае:

$$\text{ППЭ}_{\text{ПДУ}} = 2 / 5 = 0,40 \text{ (Вт/м}^2\text{)},$$

где $E_{\text{ПДУ}}$, $H_{\text{ПДУ}}$ и $\text{ППЭ}_{\text{ПДУ}}$ – предельно допустимые уровни напряженности электрического, магнитного поля и плотность потока энергии; ЭЭ_E , ЭЭ_H , и $\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}_{\text{пду}}}$ – предельно допустимые уровни энергетической экспозиции в течение рабочего дня (рабочей смены).

Вывод:

Воздействие электростатического поля:

В данном варианте $20 < E_{\text{факт}} = 35 \text{ кВ/м} < 60 \text{ кВ/м}$, следовательно, время работы регламентируется (2,9 ч), но возможна работа без применения специальных средств защиты.

ЭМП промышленной частоты: Допустимое время пребывания в контролируемых зонах $E_1 = 11 \text{ кВ/м}$, $E_2 = 12 \text{ кВ/м}$, $E_3 = 13 \text{ кВ/м}$ соответственно - 2 ч; 2,2ч; 1,8ч. Приведенное время не превышает 8 ч, что является допустимым.

ЭМП диапазона частот 30 кГц – 300 ГГц: энергетическая экспозиция ЭМП при частоте 175 МГц $\text{ЭЭ}_E = 80 \text{ В/м}^2$ – не превышает $\text{ЭЭ}_{\text{ПДУ}} = 800 \text{ В/м}^2$; $\text{ЭЭ}_H = 0,1125 \text{ А/м} - \text{ЭЭ}_{\text{ПДУ}_H} (\text{А/м})^2$ ч не нормируется. Энергетическая экспозиция по плотности потока $\text{ЭЭ}_{\text{ППЭ}} < \text{ЭЭ}_{\text{ПДУ}}$, т.е. $3500 < 8000$, т.е. допустима. Предельно допустимый уровень для средств связи $E_{\text{пду}} = 3,1 \text{ В/м}$. Максимальное значение $\text{ППЭ}_{\text{ПДУ}}$ при локальном облучении кистей рук не превышает 50 Вт/м^2 (5000 мкВт/см^2), т.е. $5 \text{ Вт/м}^2 < 50 \text{ Вт/м}^2$. Плотность потока энергии при облучении от антенн $\text{ППЭ}_{\text{ПДУ}} = 4 \text{ (Вт/м}^2\text{)}$ не превышает допустимого значения для диапазона частот 300 МГц – 300 ГГц – 10 Вт/м^2 (1000 мкВт/см^2). Значения предельно допустимых уровней напряженности в диапазоне 60 кГц – 300 МГц: электрической ($E_{\text{ПДУ}} = 13 \text{ В/м}$) составляющей меньше, чем по варианту (63,2 В/м); магнитной составляющей $H_{\text{ПДУ}}$ – не нормируется, по варианту – 6,3 А/м; плотности потока энергии $\text{ППЭ}_{\text{ПДУ}} = 40 \text{ мкВт/см}^2$ равна значению по варианту – $\text{ППЭ}_{\text{ПДУ}} = 0,40 \text{ Вт/м}^2$.

2.3. Определение амплитудно-временных параметров ИЭМП

Определение амплитудно-временных параметров ИЭМП проведем, используя рис.2.

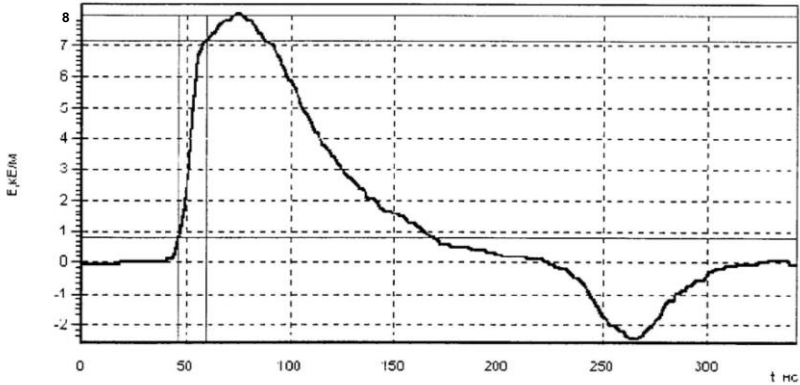


Рис.2. Оциллограмма напряженности электрической составляющей ИЭМП

Первый пик на оциллограмме имеет амплитуду ($E_{\text{макс}}$) 8 кВ/м, второй $-2,3$ кВ/м, следовательно определять параметры необходимо по первому положительному пику:

$$E_{\text{макс}} = 8 \text{ кВ/м}; t_{\text{фр}} = 13 \text{ нс}; t_{\text{имп}} = 62 \text{ нс}.$$

С учетом категории облучаемого компонента (персонал РТО ИЭМП) значения ПДУ ИЭМП следует определять по данным табл. 7.

Исходя из установленных продолжительностей фронта и импульса воздействующего ИЭМП, выбираются соответствующие строки и колонки в табл. 8 со значениями ПДУ. В данном примере $E_{\text{ПДУ}} = 2,8$ кВ/м. Реальные значения $E_{\text{макс}}$ составляют 8 кВ/м, что значительно больше ПДУ.

Вывод. Электромагнитная обстановка на обследуемом рабочем месте персонала РТО ИЭМП не соответствует требованиям Санитарных правил [8]. Для снижения амплитудного значения напряженности ИЭМП до ПДУ следует провести комплекс технических и организационных мероприятий.

Таблица 7
 Предельно допустимые уровни напряженности электрической составляющей ИЭМП (кВ/м) для персонала РТО
 ИЭМП в зависимости от временных параметров электромагнитных импульсов

	Длительность фронта (t_фр), нс																			
	0,1	0,2	0,5	1	2	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	30	40	50	
Длительность импульса (t_имп), нс	1	3,9	3,7	3,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	3,3	3,2	3	2,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	3	2,9	2,8	2,6	2,1	2,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	2,7	2,7	2,6	2,5	2,1	2,1	2,4	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	8	2,6	2,5	2,4	2,3	2,1	2,1	2,3	2,4	2,5	2,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	10	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,1	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	-	-	-	-	-	-	-
	15	2,3	2,3	2,2	2,2	2,1	2,1	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	-	-	-	-	-	-
	20	2,2	2,2	2,2	2,1	2,1	2,1	2,3	2,4	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	3,4	-	-	-	-	-
	50	2,1	2,1	2,1	2,1	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	3,3	3,7	4,5	5	-	-
	100	2	2	2	2	2	2,1	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	3,3	3,7	4,3	4,8	7
	200	2	2	2	2	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,7	2,8	3,3	3,7	4,2	4,6	4,9
	400	2	2	2	2	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,7	2,8	3,3	3,7	4,2	4,5	4,8
	500	2	2	2	2	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,7	2,8	3,3	3,7	4,1	4,4	4,7
	1000	2	2	2	2	2	2,1	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,7	2,8	3,3	3,6	4	4,3	4,6	4,6

Таблица 8

Предельно допустимые уровни напряженности электрической составляющей ИЭМП (кВ/м) для личного состава РТО ИЭМП, профессионально не связанного с источником ИЭМП, в зависимости от временных параметров электромагнитных импульсов

	Длительность фронта ($t_{фр}$), нс																			
	0,1	0,2	0,5	1	2	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	30	40	50	
1	1,3	1,2	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	1,1	1,1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	1	1	0,9	0,9	0,7	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	0,9	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	-	-	-	-	-	-	-
15	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1	-	-	-	-	-	-
20	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1	1,1	-	-	-	-	-
50	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	1,1	1,2	1,5	1,7	-	-
100	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	1,1	1,2	1,4	1,6	2,3	-
200	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	-
400	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	-
500	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	-
1000	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6

Длительность
импульса
($t_{имп}$), нс

Таблица 9

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ К РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЕ ПО ТЕМЕ
 «РАСЧЕТ ЧАСТОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В
 ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ. ЗАЩИТА ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭМИ»

Вариант	Время воздействия	$E_{факт,1}$, кВ/м	$E_{1,1}$, кВ/м	$E_{2,1}$, кВ/м	$E_{3,1}$, кВ/м	T_{E1}	T_{E2}	T_{E3}	E , В/м	H , А/м	ППЭ, Вт/м ²	F, МГц	$\Sigma E_{факт,1}$, (В/м) ч	$\Sigma H_{факт,1}$, (А/м) ч
1	8	60	6	5	7	1,5	1,3	2,2	0,5	0,1	1	50	20 000	200
2	7,5	50	9	8	10	0,9	0,7	0,5	1	0,2	2	60	7 000	0,72
3	7	40	12	11	13	0,8	0,6	1,7	1,5	0,3	3	70	800	200
4	6,5	30	15	14	16	1,6	0,8	1,2	2	0,4	4	80	800	0,72
5	6	20	18	17	19	1,0	0,9	0,6	2,5	0,5	5	90	7 000	200
6	5,5	25	19	20	18	0,2	0,5	0,8	3	0,6	6	100	20 000	0,72
7	5	35	12	11	13	0,8	1,7	1,0	4	0,15	7	175	20 000	200
8	4,5	45	13	12	14	0,6	1,6	1,2	4,5	0,25	8	180	7 000	0,72
9	4	55	16	15	17	1,5	2,2	0,7	3,5	0,35	9	182	800	200
10	3,5	60	19	18	20	0,8	1,7	0,9	4,5	0,45	10	184	800	0,72
11	3	50	18	19	17	1,3	0,9	0,5	5	0,55	9,5	186	7 000	200
12	2,5	40	15	16	14	1,2	1,0	0,7	5,5	0,2	8,5	188	20 000	0,72
13	2	30	12	13	11	0,5	1,4	0,8	4,5	0,3	7,5	190	20 000	200
14	1,5	20	9	10	8	0,6	0,8	1,3	4	0,4	6,5	192	7 000	0,72
15	3	25	6	7	5	1,7	1,6	0,8	3	0,5	5,5	194	800	200

Продолжение таблицы 9

Вариант	Время воздействия	$E_{факт.}$ кВ/м	$E_{1,5}$ кВ/м	$E_{2,5}$ кВ/м	$E_{3,5}$ кВ/м	T_{E1}	T_{E2}	T_{E3}	$E, В/м$	$H, А/м$	$ППУ, Вт/м^2$	$F, МГц$	$ЭЭ_{Буду.}$ (В/м)ч	$ЭЭ_{Нду}$ (А/м) ч
16	2,5	35	4	5	6	1,2	1,0	0,9	3,5	0,6	4,5	196	800	0,72
17	1,5	45	7	8	9	0,3	0,2	0,5	2	0,1	3,5	198	7 000	200
18	2	55	10	11	12	0,7	0,9	2,1	2,5	0,15	2,5	200	20 000	0,72
19	3	60	13	14	15	1,3	1,5	0,8	1,5	0,2	1,5	202	20 000	200
20	3,5	50	16	17	18	0,9	0,3	0,2	5	0,25	2	205	7 000	0,72
21	4	40	19	18	17	2,2	0,8	1,7	5,5	0,3	3	210	800	200
22	5	30	16	15	14	1,6	1,2	0,9	4,5	0,35	4	215	800	0,72
23	6	20	13	12	11	0,6	1,7	0,8	3,5	0,4	5	220	7 000	200
24	6,5	25	10	9	8	1,5	2,4	1,2	3,0	0,45	6	225	20 000	0,72
25	7	35	7	6	5	1,7	0,9	0,5	2,5	0,5	7	230	7 000	200
26	6,5	30	14	15	16	1,6	0,8	1,2	2	0,4	4	80	800	0,72
27	6	20	17	18	19	1,0	0,9	0,6	2,5	0,5	5	90	7 000	200
28	5,5	25	20	19	18	0,2	0,5	0,8	3	0,6	6	100	20 000	0,72
29	5	35	11	12	13	0,8	1,7	1,0	4	0,15	7	175	20 000	200
30	4,5	45	12	13	14	0,6	1,6	1,2	4,5	0,25	8	180	7 000	0,72

ЛИТЕРАТУРА

1. Курбатов, П.А. Численный расчет электромагнитных полей / П.А. Курбатов, С.А. Аринчин. М.: Энергоатомиздат, 1984.
2. Шихин, А.Я. Электромагнитные поля и системы / А.Я. Шихин. М.: Энергия, 1987.
3. Федеральный закон «Об охране окружающей среды», №7-ФЗ от 10.01.2002.
4. ГОСТ 12.1.002-84. ССБТ. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах. М.: Издательство стандартов, 1984.
5. ГОСТ 12.1.006-84. ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. М.: Издательство стандартов, 1984.
6. ГОСТ 12.1.045-84. ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. М.: Издательство стандартов, 1984.
7. СанПиН 2.2.4.1191-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Электромагнитные поля в производственных условиях. Утверждено Государственным санитарным врачом России 30.01.2003, введен с 01.05.2003

Налоговая льгота – Общероссийский классификатор продукции ОК 005-93;
соответствует коду 95 3000

Издательство МГТУ. 183010 Мурманск, Спортивная, 13

Сдано в набор 06.06.2018. Подписано в печать 06.04.2018.

Формат 64×84¹/₁₆ Бум. типографская. Усл. печ. л. 2,09. Уч.-изд. л. 2,09.

Заказ 110. Тираж 25 экз.

