

УДК 62-78(075)

DOI 10.23947/2541-9129-2019-2-23-32

**ИНЖЕНЕРНАЯ ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ
В РАЙОНЕ ТЕЛЕЦЕНТРА ГОРОДА
РОСТОВ-НА-ДОНУ*****Кухта А. И., Маматченко Н. С.***

Донской государственный технический
университет, г. Ростов-на-Дону, Российская
Федерация

alexey-semenov82@mail.ru

Электромагнитное поле (ЭМП) представляет серьезную опасность жизни и здоровью человека. Биологический эффект от воздействия ЭМП в условиях длительного многолетнего воздействия накапливается, в результате возможны дегенеративные заболевания центральной нервной системы, рак крови (лейкозы), опухоли мозга, гормональные заболевания, нарушения нормального функционирования как отдельных органов, так и организма человека в целом. Целью настоящей работы является теоретическая оценка опасности электромагнитной обстановки в районе телецентра города Ростов-на-Дону. Задача работы состоит в определении опасной и вредной для проживания населения зоны, возникшей в результате электромагнитного воздействия телецентра. Авторы планируют: найти напряженности электрического поля с учетом мощностей передатчиков телецентра, усиления антенн и расстояния до жилых объектов; определить энергетические экспозиции на различных расстояниях от телецентра; сравнить полученные результаты с предельно допустимым уровнем (ПДУ) энергетических экспозиций ЭМП с учетом санитарно-эпидемиологических требований; определить способы защиты жителей района от воздействий ЭМП. В результате выполненной работы: проведена теоретическая оценка электромагнитной обстановки в районе расположения станции; определена опасная и вредная зона для проживания населения; выяснено соответствие радиотелевизионных и радиолокационных станций №1823-78 санитарным нормам и

UDC 62-78(075)

DOI 10.23947/2541-9129-2019-2-23-32

**ENGINEERING RISK ASSESSMENT OF
ELECTROMAGNETIC SITUATION IN THE
AREA OF ROSTOV-ON-DON TELEVISION
CENTER*****Kuhta A. I., Mamatchenko N. S.***

Don state technical University, Rostov-on-Don,
Russian Federation

alexey-semenov82@mail.ru

The electromagnetic field (EMF) poses a serious threat to human life and health. The biological effect of EMF exposure in a long-term exposure accumulates. The result of this may be degenerative diseases of the central nervous system, blood cancer (leukemia), brain tumors, hormonal diseases, and malfunctions of certain organs and the human body as a whole. The purpose of the work is a theoretical assessment of the danger of electromagnetic situation in the area of Rostov-on-Don television center. The task is to determine the dangerous and harmful zone for the population due to the electromagnetic impact of the television center. The authors plan to: find the electric field strength taking into account the television center power transmitters, antenna amplification and the distance to residential facilities; determine radiant exposure at different distances from the television center; compare the results with the MPL of EMF radiant exposure taking into account sanitary and epidemiological requirements; find ways to protect residents from EMF effects. The result of the research is the theoretical assessment of the electromagnetic situation near the station. The dangerous and harmful zone for the population and the compliance with the sanitary norms and rules of placement of radio-television and radar stations №1823-78 are determined. The objects of the Zheleznodorozhny

правилам размещения; указаны объекты железнодорожного района г. Ростов-на-Дону, жители которых подвергаются облучению электромагнитными волнами; определены способы защиты жителей района от ЭМП.

Ключевые слова: электромагнитное поле, электромагнитное воздействие, электромагнитная обстановка, телевизионный передающий центр, напряженность электрического поля, напряженность магнитного поля, энергетическая экспозиция.

district of Rostov-on-Don the inhabitants of which are exposed to electromagnetic waves are specified. Ways of protection of inhabitants from EMF are found.

Keywords: electromagnetic field, electromagnetic impact, electromagnetic environment, TV center, electric field strength, magnetic field strength, radiant exposure.

Введение. Электромагнитное поле (ЭМП) оказывает негативное воздействие на здоровье человека. Факторы, влияющие на развитие патологических реакций организма при воздействии ЭМП:

- напряженности электрического и магнитного поля;
- длительность электромагнитного воздействия;
- возраст человека и состояние его здоровья;
- влажность воздуха;
- область облучения (руки, ноги, голова и т. д.);
- частота и модуляция электромагнитных излучений.

Воздействие ЭМП приводит к возникновению ионных токов, которые протекают только по межклеточной жидкости, так как мембраны клеток являются диэлектриками.

Основная часть. Биологическое действие ЭМП в диапазоне радиочастот характеризуется тепловым и нетепловым эффектами. Под тепловым эффектом подразумевается интегральное повышение температуры тела или отдельных его частей при общем или локальном облучении. Нетепловой эффект связан с переходом электромагнитной энергии в организме человека в нетепловую форму энергии, проявляющуюся в виде молекулярного резонансного процесса, фотохимической реакции и др. В связи с тем, что по своим биофизическим свойствам ткани организма неоднородны, при поглощении тепловой энергии возникает неравномерный нагрев на границе раздела тканей с высоким и низким содержанием воды, что определяет соответственно высокий и низкий коэффициент поглощения.

ЭМП наиболее интенсивно воздействуют на органы с большим содержанием воды. Перегрев же особенно вреден для тканей со слабо развитой сосудистой системой или с недостаточным кровообращением (почки, мозг), так как кровеносную систему можно уподобить системе водяного охлаждения. Облучение глаз вызывает помутнение хрусталика, которое проявляется достаточно быстро (через несколько дней или недель после облучения). Интенсивное электромагнитное поле промышленной частоты вызывает нарушение функционального состояния центральной нервной и сердечнососудистой систем. При этом наблюдается повышенная утомляемость, снижение точности движений, изменение кровяного давления и пульса, возникновение болей в сердце, сопровождающихся сердцебиением и аритмией. Особое внимание необходимо уделять оценке отдельных последствий длительного контакта населения с ЭМП: развитие рака (включая лейкемию), болезней, связанных, прежде всего с деградацией нервных клеток.

Наиболее ранними клиническими проявлениями последствий воздействия электромагнитных излучений на человека являются функциональные нарушения нервной

системы, проявляющиеся в виде вегетативных дисфункций неврастенического и астенического синдрома. Лица, длительное время находившиеся в зоне воздействия ЭМП, отмечают слабость, раздражительность, быструю утомляемость, ослабление памяти, нарушение сна. Нередко к этим симптомам присоединяются расстройства вегетативных функций. Нарушения сердечнососудистой системы проявляются, как правило, в виде нейроциркуляторной дистонии: лабильности пульса и артериального давления, склонности к гипотонии, болей в области сердца.

Высокочастотные электромагнитные излучения ионизируют атомы или молекулы в соматических клетках и тем самым нарушают идущие в них процессы. Электромагнитные колебания, нагревая клетки, приводят молекулы в тепловое движение, что приводит к недостаточному поступлению веществ через мембрану, а следовательно, к нарушению обмена веществ. Наиболее чувствительными к действию электромагнитных полей являются нейроэндокринная и центральная нервная системы. В последнем случае появляются субъективные ощущения в виде повышенной утомляемости и головных болей. Нарушение нейроэндокринной регуляции влияет на сердечно-сосудистую систему, систему крови, иммунитет, обменные процессы, воспроизводительную функцию. Возможны также изменения частоты пульса и сосудистых реакций.

В литературе описаны изменения кроветворения, эндокринной системы, метаболических процессов, заболевания органов зрения. В последнем случае тепловое воздействие радиоизлучения и микроволн приводит к нагреванию хрусталика до температуры, превышающей физиологическую норму; что вызывает развитие катаракты. Это является одним из специфических поражений от воздействия электромагнитного поля в диапазоне частот от 1,5 до 10 ГГц. Высокочастотные электромагнитные волны влияют также на биологические процессы, разрывая водородные связи, что приводит к переориентации макромолекул ДНК и РНК [1].

Телевизионный передающий центр (телецентр) г. Ростов-на-Дону представляет собой комплекс технических средств, обеспечивающих трансляцию телевизионного сигнала на территорию Ростовской области, с радиусом уверенного приёма около 80 км. Ростовская телебашня — типовая телевизионная и радиовещательная башня проекта 3803 КМ, расположенная в Железнодорожном районе г. Ростова-на-Дону на ул. Баррикадной. Телебашня является самым высоким сооружением в городе. Её высота составляет 195 метров. Существующая сеть передающих устройств областного радиотелевизионного передающего центра состоит из шести мощных и тридцати восьми маломощных станций. Мощность телевизионных передатчиков составляет от 0,01 до 50 кВт.

Целью работы является теоретическая оценка электромагнитной обстановки в районе телецентра города Ростов-на-Дону с последующей реализацией вершинного исхода на основе параметрического критерия «воздействие больше восприимчивости» с учетом классификации условий труда.

Объект исследования — телецентр г. Ростов-на-Дону.

Предмет исследования — электромагнитное поле телецентра г. Ростов-на-Дону.

Задачи исследования:

1. найти напряженность электрического поля с учетом мощностей передатчиков телецентра, усиления антенн и расстояния до жилых объектов;
2. определить энергетические экспозиции на различных расстояниях от телецентра;
3. сравнить полученные результаты с предельно допустимым уровнем (ПДУ) энергетических экспозиций ЭМП с учетом санитарно-эпидемиологических требований;
4. установить меры определенности вершинного исхода на основе параметрического критерия «воздействие больше восприимчивости».

На первом этапе находим значения напряженности и плотности потока энергии ЭМП при воздействии излучения на близлежащий жилой объект, который представляет собой жилой девятиэтажный дом, расположенный по улице 1-я Баррикадная на расстоянии 80 м от телецентра. Оцениваем электромагнитное воздействие на расстоянии 80 м и 300 м от телецентра.

Напряженность электрического поля E , В/м, в дальней зоне антенны связана с мощностью передатчика, усилением антенны и расстоянием от антенны [2, 3]:

$$E = \frac{1}{D}(\sqrt{30 * P * Ga}),$$

где P — мощность на входе антенны, Вт; Ga — степень усиления антенны по мощности в заданном направлении, которое определяется из диаграммы направленности антенны.

Далее находим энергетическую экспозицию в диапазоне частот 30 кГц–300 МГц по формулам [4]:

$$\mathcal{E}E = E^2 * T, (\text{В/м})^2 \cdot \text{ч};$$

$$\mathcal{E}H = H^2 * T, (\text{А/м})^2 \cdot \text{ч},$$

где H — напряженность магнитного поля, А/м; T — время воздействия за смену, ч.

Расчет энергетической экспозиции $\mathcal{E}E$ проводится на расстояниях 80 и 300 м от источника излучения. При этом $T = 24$ ч, так как воздействие электромагнитного поля круглосуточное.

Далее находим плотность потока энергии $ППЭ$, Вт/м, и энергетическую экспозицию $\mathcal{E}ППЭ$, (мкВт/см²)·ч, в диапазоне частот 300 МГц–300 ГГц по формулам [6]:

$$ППЭ = \frac{P_{\text{блх}}}{4 * \pi * r^2};$$

$$\mathcal{E}ППЭ = ППЭ * T.$$

Для расчета параметра $ППЭ$ на рис. 1 представлена схема электромагнитного воздействия излучения в диапазоне частот 470–862 МГц на жилой дом, расположенный на расстоянии около 80 м от антенн.

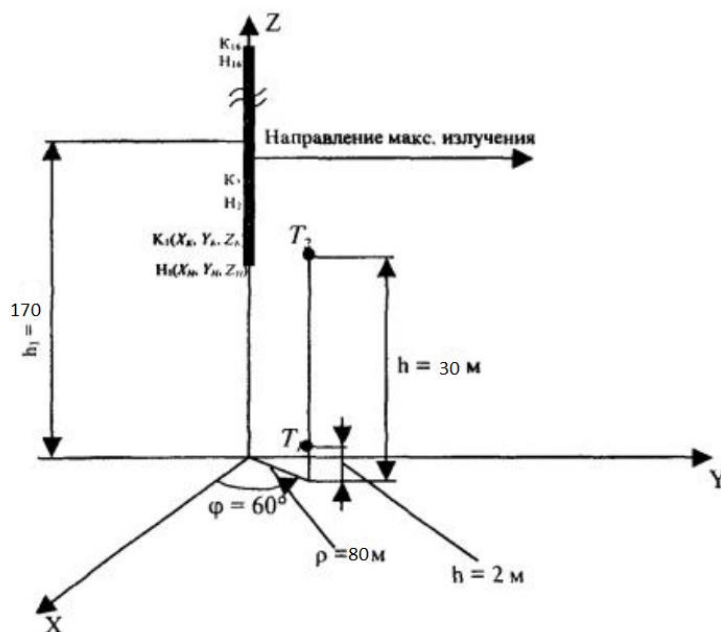


Рис. 1. Схема электромагнитного воздействия излучения антенны на жилой дом, расположенный на расстоянии около 80 м

Расчет параметра ЭЭПЭ проводим с учетом электромагнитного воздействия на первый и девятый этаж девятиэтажного дома. В ходе вычисления учитываем высоту антенн.

В расчетах используем следующие технические характеристики антенн:

1. для уголковых антенн диапазоны рабочих частот: 66–74 МГц, 87,5–108 МГц; максимальная мощность на входе — 10 кВт;
2. для вибраторных 4-х этажных широкополосных антенн диапазоны рабочих частот: 66–74 МГц, 87,5–108 МГц; максимальная мощность на входе — 5 кВт;
3. для четырехэтажных панельных антенн серии «Сиваш-Скью» диапазон рабочих частот: 470–862 МГц; высота — 4,2 м; максимальная мощность на входе — 32 кВт;
4. для двухэтажных антенн «ЛПА-Г» диапазоны рабочих частот: 66–74 МГц, 87,5–108 МГц, максимальная мощность на входе — 20 кВт;
5. для широкополосных восьмиэтажных панельных антенн серии «СИВАШ-2Ц» диапазон рабочих частот: 470–860 МГц, мощность на входе до 40 кВт.

Результаты расчета применительно к телецентру г. Ростов-на-Дону представлены в таблице 1.

Таблица 1

Значения параметров электромагнитного воздействия телецентра

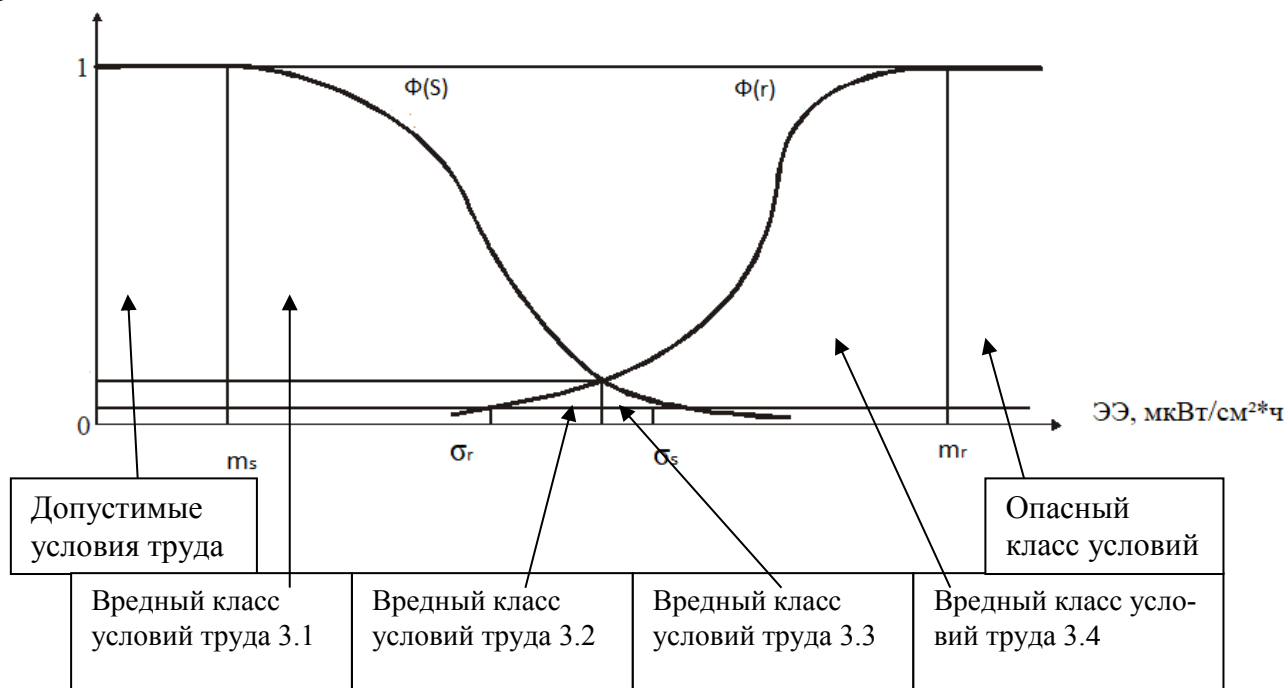
№ п/п	Типы антенн, условия контроля	Напряженность электриче- ского поля E , В/м, при рас- стоянии до места контроля		Энергетическая экспозиция при расстоянии до места кон- троля	
		80 м	300 м	80 м	300 м
1.	Уголковые	12,89	3,4	$ЭЭ=3987$ (В/м)·ч	$ЭЭ=277,4$ (В/м)·ч
2.	Вибраторные 4-х этажные широкополосные	12,16	3,24	$ЭЭ=3548,77$ (В/м)·ч	$ЭЭ=251,94$ (В/м)·ч
3.	Четырехэтажные панельные серии «Сиваш-Скью» На уровне 1-го этажа девя- тиэтажного дома	—	—	$ЭЭ_{ппэ}=2544$ мкВт/см ² ·ч	—
	Четырехэтажные панельные серии «Сиваш-Скью» На уровне 9-го этажа девя- тиэтажного дома	—	—	$ЭЭ_{ппэ}=3352,8$ мкВт/см ² ·ч	—
4.	Двухэтажные «ЛПА-Г»	13,67	3,65	$ЭЭ=4484,85$ (В/м)·ч	$ЭЭ=319,7$ (В/м)·ч
5.	Широкополосные восьми этажные панельные серии «СИВАШ-2Ц» На уровне 1-го этажа девя- тиэтажного дома	—	—	$ЭЭ_{ппэ}=3504$ мкВт/см ² ·ч	—
	Широкополосные восьми этажные панельные серии «СИВАШ-2Ц» На уровне 9-го этажа девя- тиэтажного дома	—	—	$ЭЭ_{ппэ}=4672,8$ мкВт/см ² ·ч	—

На втором этапе решения задач энергетическая экспозиция по магнитной составляющей не рассматривается, в связи с тем, что предельно допустимые уровни для диапазона частот 50 МГц–300 ГГц не установлены согласно СанПиН 2.2.4.3359–16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» от 21 июня 2016 года № 81.

На этапе 3 устанавливаются меры определенности вершинного исхода на основе параметрического критерия «воздействие больше восприимчивости». Реализацию вершинного исхода оцениваем по условию превышения параметра или величины воздействия s над восприимчивостью r : ($s \geq r$). «Вероятность реализации условия ($s \geq r$) находят на основании построения вероятностной параметрической модели «воздействие s — восприимчивость r » с использованием модели превышения воздействия над восприимчивостью» [5].

Построим вероятностную параметрическую модель «воздействие s — восприимчивость r » (рис. 2). При этом для расчета вершинного исхода параметры m_r , m_s , σ_r , σ_s выбраны в соответствии с классификацией условий труда [3].

Для выбора характеристик m_r и σ_r параметра восприимчивости используем СанПиН 2.2.4.3359–16. Причем значения ПДУ определяем с учетом времени воздействия фактора в течение рабочего дня в соответствии с СанПиН 2.2.4.1191–03.



с учетом специальной оценки условий труда

Далее с учетом характеристик воздействия m_s и σ_s энергетической экспозиции электромагнитного излучения определяем класс условий труда следующим образом.

В соответствии с ФЗ № 426 от 28.12.2013 «О специальной оценке условий труда», статья 14 (классификация условий труда), присвоим значения параметрической модели воздействия и восприимчивости:

- m_s — класс 2 (допустимые условиями труда);
- σ_r — подкласс 3.1 (вредные условия труда 1-й степени);
- σ_s — подкласс 3.3 (вредные условия труда 3-й степени);
- m_r — класс 4 (опасные условия труда).

На 4-м этапе решения поставленных задач найдем вероятность наступления вершинного исхода (угроза жизни жителей района) при воздействии излучения на близлежащий жилой объект.

Жилой 9-ти этажный дом (ул. Баррикадная 1-я) расположен на расстоянии 80 м от источника излучения. На основе расчетных данных были построены вероятностные параметрические модели «воздействие s — восприимчивость r »: модель ($s \geq r$) при расстоянии 80 м (рис. 3); модель ($s \leq r$) при расстоянии 300 м (рис. 4.).



Рис. 3. Параметрическая модель «воздействие s — восприимчивость r » с учетом расстояния 80 м ($s \geq r$)

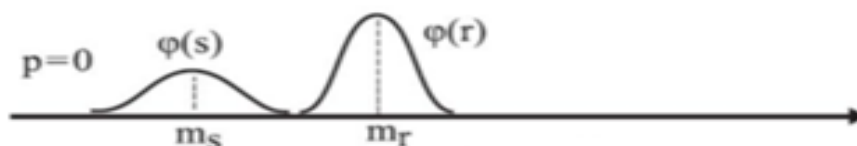


Рис. 4. Параметрическая модель «воздействие s — восприимчивость r » с учетом расстояния 300 м ($s \leq r$)

На основе рассмотренной на рис. 3 и 4 параметрической модели определим вероятность превышения воздействия s над восприимчивостью r : $Pro(s \geq r)$ и вероятность того, что воздействие s меньше восприимчивости r : $Pro(s \leq r)$ [7].

Для случая, когда математическое ожидание случайного воздействия меньше математического ожидания случайной восприимчивости, вероятность того, что воздействие s меньше восприимчивости r : $Pro(s \leq r)$ определяется по формуле:

$$p1(u) = Pro(z \geq 0) = 0,5 - \Phi \left[\frac{mr - ms}{0,5(\sigma^2 r + \sigma^2 s)} \right] = 0,5 - \Phi(u).$$

В данном выражении параметр представляет собой вероятностный «приведенный параметрический запас безопасности» (ППЗБ), выраженный отношением разности математических ожиданий воздействия и восприимчивости к их суммарному среднеквадратическому отклонению [5]:

$$u = \frac{mr - ms}{0,5(\sigma^2 r + \sigma^2 s)}.$$

Для случая, когда математическое ожидание случайного воздействия больше математического ожидания случайной восприимчивости, вероятность превышения воздействия s над восприимчивостью r : $Pro(s \geq r)$ определяется по формуле:

$$p2(u) = Pro(z \geq 0) = 0,5 + \Phi \left[\frac{ms - mr}{0,5(\sigma^2 r + \sigma^2 s)} \right] = 0,5 + \Phi(u).$$

Замена условия «меньше» на условие «больше» в приведенных выражениях сопровождается заменой знака плюс на минус:

$$\frac{ms - mr}{0,5(\sigma^2 r + \sigma^2 s)} = - \frac{mr - ms}{0,5(\sigma^2 r + \sigma^2 s)} = -u.$$

При этом очевидно, что если положительная величина ($+u$) есть характеристика «запаса безопасности», то отрицательная величина ($-u$) выражает наличие и нарастание «опасности» при дальнейшем росте величины воздействия [6].

Для нахождения вероятностей $p1(u)$ и $p2(u)$ используем функцию Лапласа $\Phi(u)$.

Опасность электромагнитной обстановки в районе телецентра города Ростов-на-Дону. Результаты расчета значений вероятности реализации вершинного исхода $Pro(s \geq r)$ в функции от приведенного параметрического запаса безопасности u для двух вариантов соотношений математических ожиданий воздействия и восприимчивости (1): $(mr \geq ms)$ и (2): $(ms \geq mr)$ представлены в таблицах 2–6.

Таблица 2

Энергетические характеристики уголкового антенн
с частотными диапазонами: 66–74 МГц и 87,5–108 МГц

ЭЭ мкВт/см ² ·ч	u	$\Phi(u)$	$p1(u) (mr \geq ms)$	$p2(u) (ms \geq mr)$
277,4	0,9896	0,33646	0,83646	0,16354
3987	1,037	0,35083	0,15	0,85

Таблица 3

Энергетические характеристики вибраторных 4-х этажных широкополосных антенн с частотными диапазонами: 66–74 МГц и 87,5–108 МГц

ЭЭ мкВт/см ² ·ч	u	$\Phi(u)$	$p1(u) (mr \geq ms)$	$p2(u) (ms \geq mr)$
3548,77	1,031	0,34849	0,15151	0,84849
251,94	0,989	0,336	0,836	0,164

Таблица 4

Энергетические характеристики четырехэтажных панельных антенн
с частотным диапазоном 470–862 МГц

ЭЭ мкВт/см ² ·ч	u	$\Phi(u)$	$p1(u) (mr \geq ms)$	$p2(u) (ms \geq mr)$
2544	1,126	0,369	0,131	0,869
3352,8	1,179	0,38	0,12	0,88

Таблица 5

Энергетические характеристики двухэтажных антенн ЛПА-Г
с частотными диапазонами: 66–74 МГц и 87,5–108 МГц

ЭЭ мкВт/см ² ·ч	u	$\Phi(u)$	$p1(u) (mr \geq ms)$	$p2(u) (ms \geq mr)$
4484,85	1,0436	0,35	0,15	0,85
319,7	0,99	0,33891	0,839	0,161

Таблица 6

Энергетические характеристики широкополосных восьмизэтажных панельных антенн с частотным диапазоном 470–860 МГц

ЭЭ мкВт/см ² ·ч	u	$\Phi(u)$	$p1(u) (mr \geq ms)$	$p2(u) (ms \geq mr)$
3504	1,189	0,382	0,118	0,882
4672,8	1,278	0,398	0,102	0,898

В таблицах представлены энергетические характеристики антенн телецентра г. Ростов-на-Дону и вероятности реализации вершинных исходов с учетом расстояния от источника электромагнитного излучения.

Заключение. Разработан и апробирован алгоритм расчета вероятности реализации исхода электромагнитного воздействия на рабочий персонал в процессе трудовой деятельности. Научная новизна метода заключается в нахождении вероятности возникновения профессионального заболевания на основе параметрического критерия «воздействие больше восприимчивости» с учетом классификации условий труда.

Алгоритм позволяет осуществлять расчет количественных мер оценки профессиональных заболеваний в соответствии с требованиями *OHSAS 18001:2007* «Порядок оценки профессиональной безопасности и здоровья». На примере системы «телецентр — жители жилого девятиэтажного дома по ул. Баррикадная 1-я г. Ростов-на-Дону» построена параметрическая модель «воздействие электромагнитного поля разных диапазонов частот — восприимчивость человека» и были оценены значения вероятности наступления заболеваний. При этом доказано, что жители, проживающие в данном доме, подвергаются электромагнитному воздействию, которое соответствует вредному классу условий труда 3.4. С вероятностью 0,9 (для девяти из десяти жителей) существует угроза появления и развития тяжелых форм заболеваний. Рабочий персонал телецентра, использующий СИЗ, подвергаются электромагнитному воздействию, которое соответствует вредному классу условий труда 3.3. С вероятностью 0,9 (для девяти из десяти работников телецентра) существует угроза появлению и развитию профессиональных заболеваний средней тяжести. Сделан вывод о необходимости применения организационно-технических мер по снижению мощности излучения. Данные теоретические расчеты требуют подтверждения на практике при проведении измерений.

Библиографический список

1. Гичев, Ю. П. Аналитический обзор. Влияние электромагнитных полей на здоровье человека / Ю. П. Гичев, Ю. Ю. Гичев. — Новосибирск : изд-во РАН, Сибирское отделение государственной публичной научно-технической библиотеки, 1999. — С. 39–44.
2. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике и электротехнике / А. Ф. Дьяков [и др.]. — Москва : Энергоатомиздат, 2008. — 768 с.
3. Санитарные нормы и правила размещения радиотелевизионных и радиолокационных станций : СанПиН 1823–78 [Электронный ресурс] // Электрон. фонд правовой и норматив.-техн. документации / Консорциум «Кодекс». — Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/471810978> (дата обращения 02.02.19).
4. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах : СанПиН 2.2.4.3359–16 [Электронный ресурс] // Электрон. фонд правовой и норматив.-техн. документации / Консорциум «Кодекс». — Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/420362948> (дата обращения 02.02.19).
5. Есипов, Ю. В. Мониторинг и оценка риска систем защита — объект — среда / Ю. В. Есипов, Ф. А. Самсонов, А. И. Черемисин. — Москва : изд-во ЛКИ. — УРСС, 2011. — С. 92–100.
6. Есипов, Ю. В. Разработка алгоритма расчета вероятностного показателя безопасности технической системы «защита — объект — среда» / Ю. В. Есипов, М. С. Джиляджи, Н. С. Маматченко // Безопасность техногенных и природных систем. — Ростов-на-Дону : Дон. гос. техн. ун-т. — 2017. — С. 75–86.



Поступила в редакцию 01.11.2018

Сдана в редакцию 01.11.2018

Запланирована в номер 15.01.2019

Об авторах:

Кухта Алексей Игоревич,

магистрант Донского государственного технического университета

(РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1)

alexey-semenov82@mail.ru

Маматченко Николай Сергеевич,

аспирант Донского государственного технического университета

(РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1)

voleyboll.94@mail.ru