

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2020, №5, Том 12 / 2020, No 5, Vol 12 <https://esj.today/issue-5-2020.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/42SAVN520.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Кирий И.С., Литвинова Н.А. Оценка использования экранирующих материалов в прогнозировании уровня напряженности электрического поля промышленной частоты на территориях жилых и рекреационных зон // Вестник Евразийской науки, 2020 №5, <https://esj.today/PDF/42SAVN520.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

For citation:

Kyrie I.S., Litvinova N.A. (2020). Evaluation of the use of shielding materials in predicting the level of electric field intensity of industrial frequency in the territories of residential and recreational zones. *The Eurasian Scientific Journal*, [online] 5(12). Available at: <https://esj.today/PDF/42SAVN520.pdf> (in Russian)

УДК 621.396

ГРНТИ 44.29.33

Кирий Иоанн Сергеевич

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Аспирант заочной формы обучения кафедры «Техносферная безопасность»
E-mail: ivankiriy@yandex.ru

Литвинова Наталья Анатольевна

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия
Профессор кафедры «Техносферная безопасность»
Кандидат технических наук, доцент по научной специальности «Экология» (технические науки)
E-mail: litvinova2010-litvinova2010@yandex.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=501472

Оценка использования экранирующих материалов в прогнозировании уровня напряженности электрического поля промышленной частоты на территориях жилых и рекреационных зон

Аннотация. Авторами проведен прогноз величины напряженности электрического поля промышленной частоты, который позволит определить на этапе проектирования порядок размещения объекта с учетом его технических характеристик, а в случае возникновения необходимости снижения уровня напряженности электрического поля промышленной частоты результат даст возможность выбора экранирующего материала для приведения в соответствие данного параметра к допустимому. Цель исследований с 2017 по 2019 год – улучшение параметров электромагнитной безопасности в жилых и рекреационных зонах за счет прогнозирования величины напряженности электрического поля промышленной частоты, а также выбора необходимого экранирующего материала для снижения воздействия данного параметра. По результатам проведенных натурных исследований построены линейные зависимости напряженности электрического поля промышленной частоты на различной высоте от поверхности земли с учетом величины границы охранной зоны воздушной линии, а также выбранного экранирующего материала. Проведен анализ экранирующих свойств материалов, участвующих в исследовании и на основании полученных уравнений спрогнозирована величина напряженности электрического поля на высоте эквивалентной многоэтажным зданиям и равной расстоянию от точки стрелы провеса проводов линий электропередач напряжением 500 кВ до поверхности земли. Исследования проведены с использованием

запатентованной авторами установки для оценки экранирования материалов в естественных условиях. Выявлены характерные конструктивные и технологические особенности профилированных листов, влияющих на их экранирующие свойства. Установлена практическая значимость применения при строительстве жилых и рекреационных объектов материалов, состоящих из оцинкованной стали, в качестве экранирующих.

Ключевые слова: напряженности электрического поля; воздушные линии электропередач; проектирование; жилые здания; экранирующие свойства; профилирующие листы; оцинкованная сталь

Введение

В результате непрерывного роста городских агломераций, примыкания поселков, деревень и прочих территориальных субъектов к основному «ядру» города наблюдается существенное увеличение и расширение плотности жилищного фонда. При проектировании нового квартала, микрорайона учитывается совокупность ряда экономических, социальных, территориальных и экологических факторов городской среды, отведенной для строительства того или иного объекта. Несмотря на значительный спектр проектной документации, необходимой для начала строительства, не в полном объеме учитывается параметр электромагнитного загрязнения окружающей среды. В свою очередь вопрос электромагнитного загрязнения был внесен представителями Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в перечень приоритетных проблем для всего человечества [1–2].

Одним из масштабных источников антропогенного электромагнитного загрязнения являются высоковольтные линии электропередач (далее – ВЛЭП). Так при проектировании зоны строительства жилого объекта в расчет берутся охранные зоны ВЛЭП, представляющие собой определенную поверхность участка земли и воздушного пространства, ограниченную параллельными вертикальными плоскостями, отстоящими по обе стороны воздушной линии от крайних проводов. К примеру, охранный зона 30 метров для номинального напряжения 500 кВ [3].

Исходя из сказанного выше, возникает необходимость прогнозирования уровня электрического поля, создаваемого воздушной линией, по всей высоте планируемого строения [4–6].

Прогнозирование величины напряженности электрического поля промышленной частоты (далее – ЭП ПЧ) позволит определить на этапе проектирования порядок размещения объекта с учетом его технических характеристик, а в случае возникновения необходимости снижения уровня напряженности ЭП ПЧ даст возможность выбора экранирующего материала для приведения в соответствие данного параметра к допустимому [7–9].

Цель исследований – улучшение параметров электромагнитной безопасности в жилых и рекреационных зонах за счет прогнозирования величины напряженности электрического поля промышленной частоты, а также выбора необходимого экранирующего материала для снижения воздействия данного параметра.

Задачи исследования:

1. По результатам проведенных натурных исследований построить линейные зависимости напряженности электрического поля промышленной частоты на различной высоте от поверхности земли с учетом величины границы охранной зоны воздушной линии, а также выбранного экранирующего материала.

2. Провести анализ экранирующих свойств материалов, участвующих в исследовании.
3. На основании полученных уравнений спрогнозировать величину напряженности электрического поля на высоте эквивалентной многоэтажным зданиям и равной расстоянию от точки стрелы провеса проводов ВЛЭП напряжением 500 кВ до поверхности земли.

Методы

С 2017 по 2019 год проведен ряд натурных исследований, направленных на измерение уровней напряженности электрического поля от воздушных линий электропередач, находящихся в непосредственной близости с жилыми и рекреационными территориями, усредненные значения модуля вектора напряженности электрического поля без учета экранирующего материала представлены в таблице 1. Напряженность ЭП ПЧ вычислена по формуле:

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2}, \quad (1)$$

где E_x^2, E_y^2, E_z^2 – проекции векторов напряженности электрического поля на три взаимно ортогональные оси, кВ/м.

Таблица 1

Средние значения модуля вектора напряженности электрического поля (E) без применения экранирующего материала с 2017–2019 гг.

Е – напряженность электрического поля в точке пространства, (кВ/м)	Класс напряжения ВЛЭП, (кВ)	h – высота измерений от поверхности земли, м	h ₂ – расстояние от стрелы провеса провода ВЛЭП до поверхности земли, м	L – расстояние от точек проекции проводов на землю до места проведения измерений, м
0,93	500	3,0	15,5	45
1,04	500	3,5	15,5	45
1,09	500	4,0	15,5	45
1,21	500	4,5	15,5	45
1,33	500	5,0	15,5	45
1,41	500	5,5	15,5	45
1,54	500	6,0	15,5	45

Составлено авторами

Измерения напряженности электрического поля были выполнены прибором «ПЗ-50». Измеритель состоит из двух антенн-преобразователей и считывающего устройства, в данном исследовании понадобилась одна из антенн – «ЕЗ-50» (для измерения среднеквадратического значения напряженности электрического поля промышленной частоты) и считывающее устройство – «УОЗ-50».

Для наглядности исследований был выбран промежуток высот, отличающийся от общепринятой методики, которая подразумевает измерение напряженности электрического поля лишь на высоте до 1,8 метра, в свою очередь результаты проведенного исследования отображают превышение допустимых показателей на высоте от 3 метров и более.

После чего для оценки влияния экранирующего материала на показатели модуля вектора напряженности ЭП ПЧ, а также проведения детального анализа свойств экранирования каждого материала в отдельности была использована «установка для оценки эффективности экранирования кровельными материалами электромагнитного поля от ВЛЭП в естественных условиях», состоящая из следующих частей: крестовины, прямоугольного отверстия, нижней и

верхней стоек опоры, рамок для накладывания исследуемых образцов, уголков-держателей и малогабаритного переносного прибора с автономным питанием для измерения напряженности поля промышленной частоты (ПЗ-50) [10].

В качестве экранирующих материалов выбраны профилированные листы следующих марок и модификаций:

- Профилированный лист «МП-20 (ПЭ-8017-0,45)» – материал, состоящий из оцинкованной стали, высота волны – 20 мм, шаг волны – 137,5 мм, толщина листа – 0,45 мм, толщина покрытия составляет 25 мкр;
- Профнастил марки «С-8 (ПЭ-7004-0,45)» – материал аналогичный предыдущему по составу и толщине, различия заключаются лишь в его геометрических особенностях: высота волны – 8 мм, шаг волны – 115 мм.

Обе марки профилированного листа были взяты в количестве 2 штук, ввиду различного рода покрытия, так в первом случае защитным слоем являлся цинк, во втором – полиэстер.

В таблицах 2, 3 представлены значения модулей векторов напряженности электрического поля при условии использования экранирующих материалов, прочие параметры проведения измерений являются идентичными параметрам, указанным в таблице 1.

Таблица 2

Средние значения модуля вектора напряженности электрического поля (E) с применением в качестве экранирующего материала профилированного листа «МП-20 (ПЭ-8017-0,45)»

E_1 – напряженность ЭП ПЧ при использовании материала с защитным слоем цинка, (кВ/м)	E_2 – напряженность ЭП ПЧ при использовании материала с защитным слоем полиэстера, (кВ/м)	h – высота измерений от поверхности земли, м	L – расстояние от точек проекции проводов на землю до места проведения измерений, м
0,24	0,28	3,0	45
0,29	0,31	3,5	45
0,36	0,41	4,0	45
0,42	0,52	4,5	45
0,57	0,60	5,0	45
0,62	0,69	5,5	45
0,74	0,82	6,0	45

Составлено авторами

Таблица 3

Средние значения модуля вектора напряженности электрического поля (E) с применением в качестве экранирующего материала профилированного листа «С-8 (ПЭ-7004-0,45)»

E_1 – напряженность ЭП ПЧ при использовании материала с защитным слоем цинка, (кВ/м)	E_2 – напряженность ЭП ПЧ при использовании материала с защитным слоем полиэстера, (кВ/м)	h – высота измерений от поверхности земли, м	L – расстояние от точек проекции проводов на землю до места проведения измерений, м
0,29	0,35	3,0	45
0,34	0,41	3,5	45
0,39	0,46	4,0	45
0,49	0,55	4,5	45
0,60	0,67	5,0	45
0,71	0,79	5,5	45
0,80	0,90	6,0	45

Составлено авторами

Результаты и обсуждение

При проведении измерений напряженности электрического поля промышленной частоты на расстоянии 15 метров от границы охранной зоны воздушной линий класса напряжения 500 кВ было выявлено превышение предельно допустимого уровня напряженности ЭП ПЧ на 0,54 кВ/м, данное превышение зафиксировано на высоте равной 6 метрам, отличающейся от показателей общепринятой методики (рисунок 1).

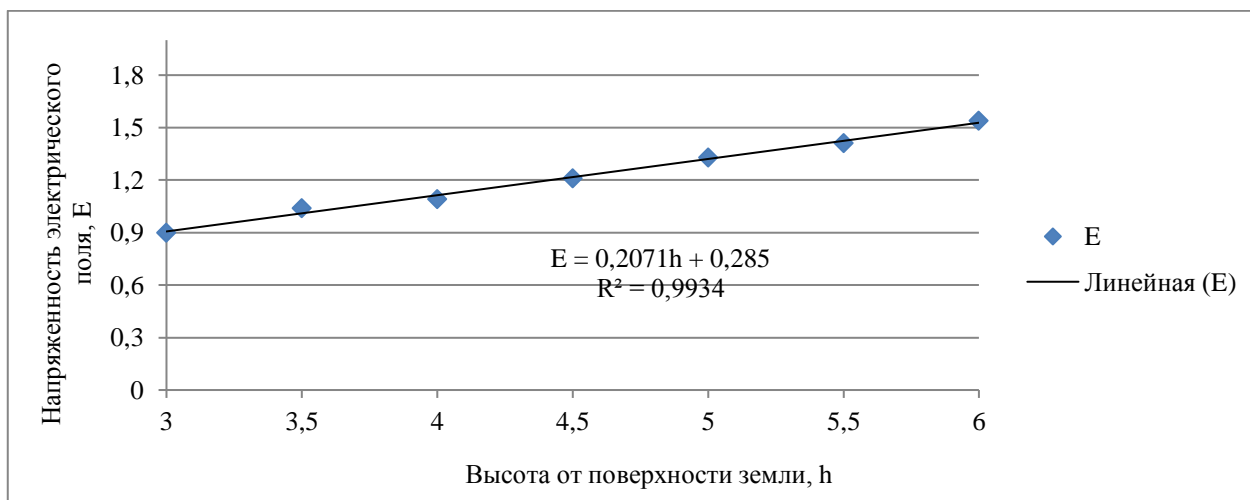


Рисунок 1. Линейная зависимость напряженности электрического поля промышленной частоты согласно данных таблицы 1 (составлено авторами)

По результатам проведенных измерений на рисунках 2 и 3 превышения уровня напряженности электрического поля не зафиксировано.

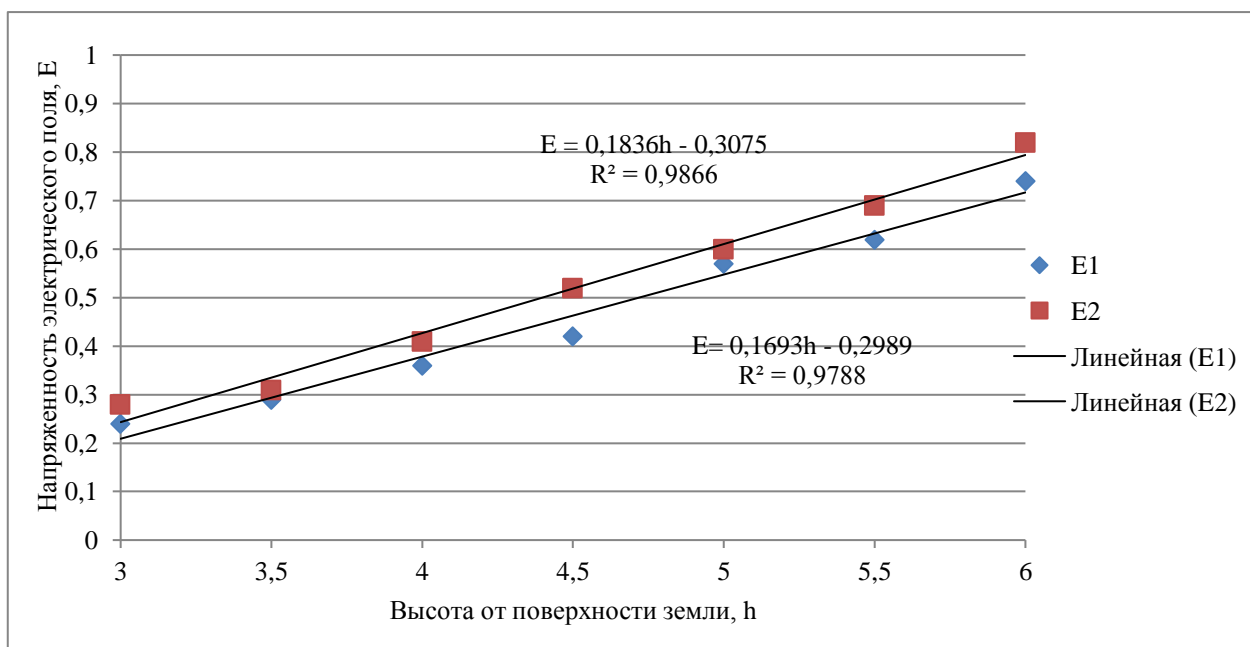


Рисунок 2. Линейные зависимости напряженности электрического поля промышленной частоты с использованием в качестве экранирующего материала профилированных листов марки «МП-20 (ПЭ-8017-0,45)» согласно данных таблицы 2 (составлено авторами)

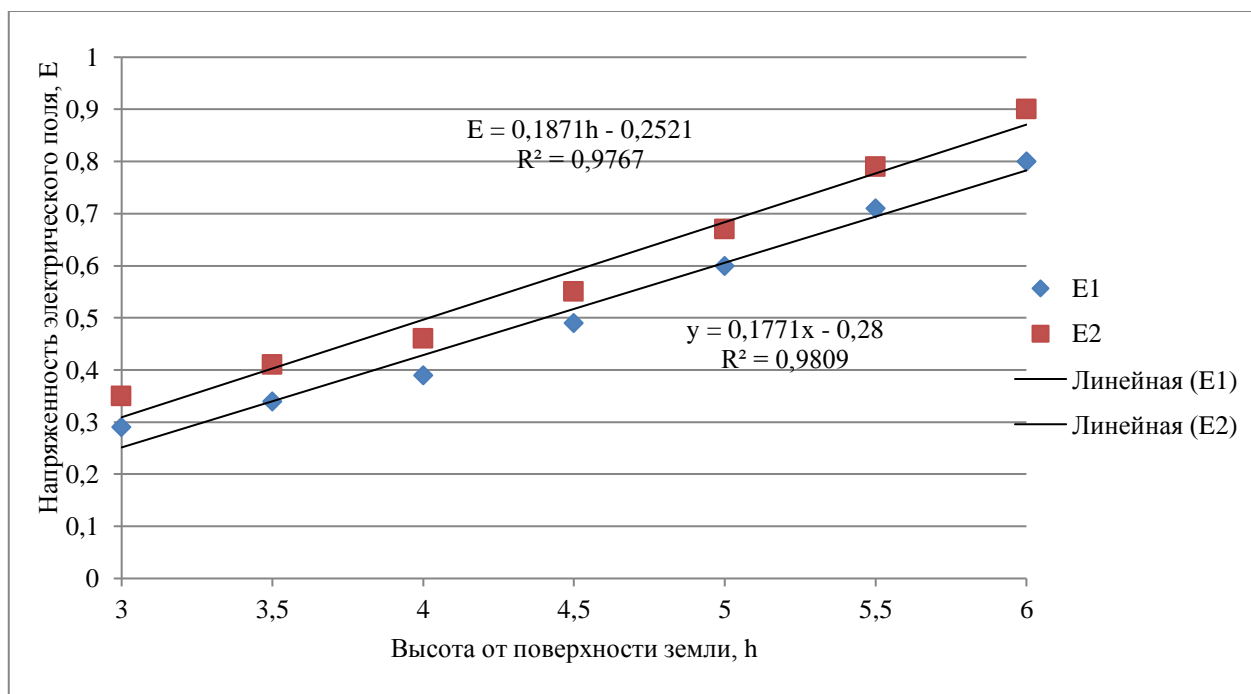


Рисунок 3. Линейные зависимости напряженности электрического поля промышленной частоты с использованием в качестве экранирующего материала профилированных листов марки «С-8 (ПЭ-7004-0,45)» согласно данных таблицы 3 (составлено авторами)

Отмечено влияние конструктивных особенностей каждого из материалов в отдельности на показатель экранирования ЭП ПЧ (рисунок 2 и 3). Данные материалы были выбраны не случайно, а для подтверждения гипотез, выдвинутых в ранее написанных статьях. Обращая внимания на характеристики марок «С-8 (ПЭ-7004-0,45)» и «МП-20 (ПЭ-8017-0,45)», следует заметить, что при изготовлении каждого из них используется идентичное сырьё и толщина листового стали, но, несмотря на это профилированный лист марки «МП-20 (ПЭ-8017-0,45)» обладает более высокой экранирующей способностью, поскольку имеет большую высоту и шаг волны.

В дополнение сказанному выше проведено дополнительное исследование на предмет влияния защитного покрытия каждого материала на способность экранирования ЭП ПЧ. По итогам выявлено, что наибольшей экранирующей способностью обладает покрытие из цинка, разница величины напряженности электрического поля между двумя типа покрытия составила 0,1 кВ/м.

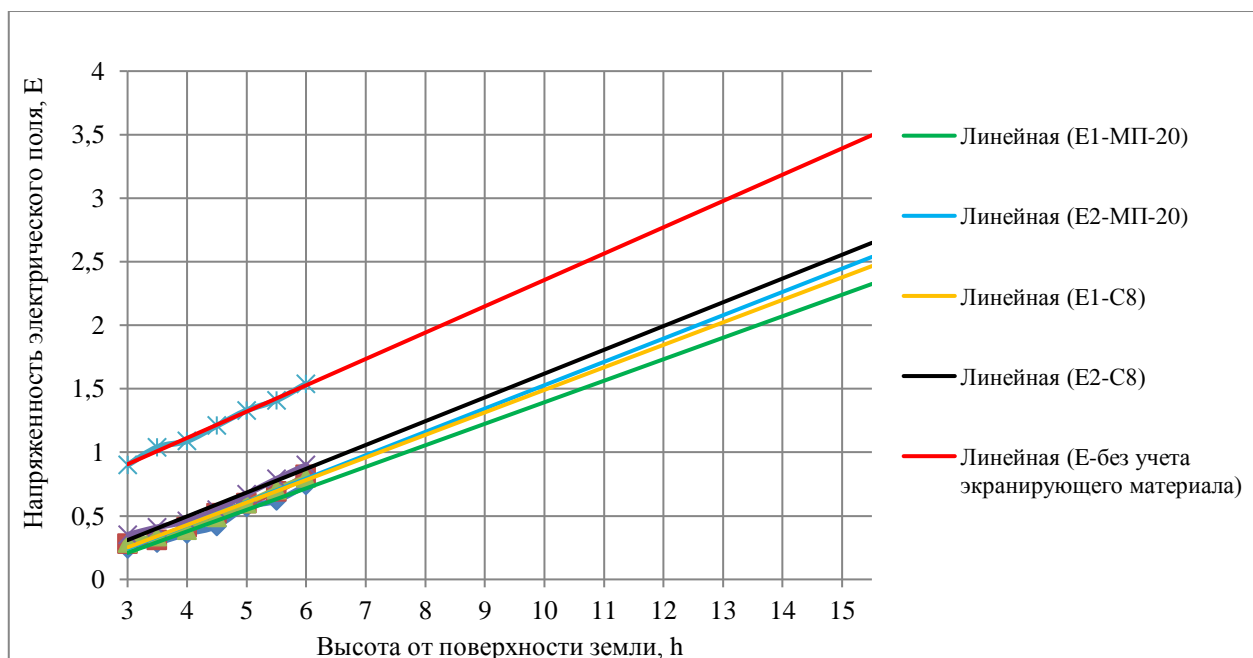


Рисунок 4. Прогнозируемые линейные зависимости напряженности электрического поля промышленной частоты от высоты от поверхности земли (составлено авторами)

Ввиду отсутствия технической возможности проведения замеров на высоте более 6 метров от поверхности земли, на рисунке 4 отображен сравнительный анализ, построенный на основании имеющихся данных, с отображением прогнозируемых линий тренда для выявления показателей напряженности электрического поля от 6 метров и выше.

Так среднее значение модуля вектора напряженности электрического поля на высоте эквивалентной многоэтажному зданию и равному расстоянию от точки стрелы провеса проводов ВЛЭП напряжением 500 кВ до поверхности земли составит 3,6 кВ/м (без применения экранирующих материалов). В свою очередь значения модуля вектора напряженности с использованием экранирующих материалов колеблются в промежутке от 2 до 2,7 кВ/м.

По результатам прогнозирования, можно сделать вывод о том, что для улучшения параметров электромагнитной безопасности жилых и рекреационных зон, в особенности на этапе проектирования сооружений, необходимо использовать аналогичные методики расчета напряженности электрического поля.

Выводы

1. Уравнения, полученные на основании проведенных натурных исследований в период с 2017 по 2019 год, позволяют конкретизировать величину напряженности электрического поля промышленной частоты, излучаемого линиями электропередач, в любой точке воздушного пространства, что имеет высокую значимость при проектировании жилой застройки, в особенности многоэтажных зданий.
2. Выявлены характерные конструктивные и технологические особенности профилированных листов, влияющих на их экранирующие свойства.
3. Установлена практическая значимость применения при строительстве жилых и рекреационных объектов материалов, состоящих из оцинкованной стали, в качестве экранирующих.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев О.А., Бичелдей Е.П., Меркулов А.В., Степанов В.С., Шенфильд Б.Е. Определение подходов к нормированию воздействия антропогенного электромагнитного поля на природные экосистемы // Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений сб. научных трудов. М.: Изд-во РУДН, 2003. С. 46–74.
2. Denisova T.V., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I., Valkov V.F. Integrated evaluation of different electromagnetic impacts on biological properties of soils in Southern Russia // Eurasian Soil Science. 2011. Vol. 44. No. 1. Pp. 1269–1273.
3. Аполлонский С.М. Безопасность жизнедеятельности человека в электромагнитных полях: учеб. Пособие. СПб.: Политехника, 2014. 650 с.
4. Литвинова, Н.А. Электромагнитная экология и расчет электромагнитных величин: учебное пособие. Тюмень: РИО ФГБОУ ВПО «ТюмГАСУ», 2015. 131 с.
5. Большаков М.А. О воздействии электромагнитного поля промышленной частоты на человека. М.: Знание, 2000. 201 с.
6. Зерщикова М.А. Последствия загрязнения окружающей среды и их влияние на экономические показатели (методы сохранения и улучшения состояния окружающей среды). Инженерный Вестник Дона. 2011. №12. [Электронный ресурс] URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2011/326> (дата обращения 03.09.2020).
7. Balodis V. Electric and magnetic fields. Environmental Issues. 2008. No.5. Pp. 81–82.
8. Peter A. Electric and magnetic fields (EMF) and health. The 2th International Conference on Electromagnetic safety. 2001. 125 p.
9. Кирикова О.В. Защита от электромагнитных полей. М.: Мир, 1992. 234 с.
10. Установка для оценки эффективности экранирования кровельными материалами электромагнитного поля от линий электропередач в естественных условиях: пат. 2 700 574 С1 Рос. Федерация № 2018130654 / Литвинова Н.А., Кирий И.С.; заявл. 2018.08.23 (24); опубл. 2019.09.18. 5 с.

Kyrie Ivan Sergeyeovich

Tyumen industrial university, Tyumen, Russia
E-mail: ivankiriy@yandex.ru

Litvinova Natal'ja Anatol'evna

Tyumen industrial university, Tyumen, Russia
E-mail: litvinova2010-litvinova2010@yandex.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=501472

Evaluation of the use of shielding materials in predicting the level of electric field intensity of industrial frequency in the territories of residential and recreational zones

Abstract. The authors forecast the magnitude of the electric field of industrial frequency, which will determine in the design phase of the order of the object taking into account its technical characteristics, and in case it becomes necessary to reduce the strength of the electric field of industrial frequency, the result will give the choice of shielding material to conform this parameter to a valid. The purpose of research from 2017 to 2019 is to improve the parameters of electromagnetic safety in residential and recreational areas by predicting the magnitude of the electric field strength of industrial frequency, as well as selecting the necessary shielding material to reduce the impact of this parameter. According to the results of field studies, built a linear dependence of the electric field of industrial frequency at different heights from the ground surface into account the size of borders of security zones of air-lines and the shielding material. The analysis of the shielding properties of the materials involved in the study is carried out, and based on the obtained equations, the electric field strength is predicted at a height equivalent to multi-storey buildings and equal to the distance from the point of the boom of the SAG of 500 kV power lines to the ground surface. The research was carried out using a device patented by the authors for evaluating the shielding of materials in natural conditions. The characteristic design and technological features of profiled sheets that affect their shielding properties are revealed. The practical significance of using materials consisting of galvanized steel as shielding materials in the construction of residential and recreational facilities has been established.

Keywords: electric field strength; overhead power lines; design; residential buildings; shielding properties; profile sheets; galvanized steel