

DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-11-797-800>

УДК 614.875

© Коньшина Т.А., 2020

Коньшина Т.А.

Оценка экспозиции электрических и магнитных полей промышленной частоты на воздушных линиях электропередачи напряжением 500 и 750 кВ

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова», пр-т Будённого, 31, Москва, Россия, 105275

Введение. Определенные виды работ вблизи воздушных линий электропередачи могут сопровождаться длительным нахождением персонала в течение рабочей смены в зонах с превышением предельно допустимых уровней электрических и магнитных полей промышленной частоты.**Цель исследования** — комплексная теоретическая и инструментальная оценка экспозиции электрического и магнитного поля промышленной частоты в местах возможного пребывания персонала при работах вблизи воздушных линий электропередачи напряжением 500 и 750 кВ.**Материалы и методы.** Определение точек измерений проводилось матричным способом оценки с учетом расположения фаз и санитарно-защитных зон воздушных линий электропередачи. Разработка и расчет численных моделей проводились в среде трехмерного моделирования SEMCAD X 14.8.6.**Результаты.** В результате инструментальной оценки электрических и магнитных полей промышленной частоты были выявлены места с превышением предельно допустимых уровней электрического поля промышленной частоты для рабочей смены, что свидетельствует о необходимости ограничения времени пребывания персонала без использования средств индивидуальной защиты. При этом превышений предельно допустимых уровней магнитного поля промышленной частоты выявлено не было.**Заключение.** Полученные численные модели воздушных линий электропередачи 500 и 750 кВ при оценке уровней электрических и магнитных полей промышленной частоты показали соответствие данным, полученным при натурных измерениях. Это позволяет в дальнейших исследованиях проводить оценку экспозиции персонала, выполняющего работы без снятия напряжения на воздушных линиях электропередачи 500 и 750 кВ.**Ключевые слова:** электрическое поле промышленной частоты; магнитное поле промышленной частоты; воздушные линии электропередачи**Для цитирования:** Коньшина Т.А. Оценка экспозиции электрических и магнитных полей промышленной частоты на воздушных линиях электропередачи напряжением 500 и 750 кВ. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60(11): 797–800. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-11-797-800>**Для корреспонденции:** Коньшина Татьяна Александровна, мл. науч. сотр. научно-организационного отдела ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова». E-mail: konshina@iriioh.ru**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.**Конфликт интересов.** Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Дата поступления: 31.08.2020 / Дата принятия к печати: 19.10.2020 / Дата публикации: 03.12.2020

Tatyana A. Konshina

Assessment of exposure of electric and magnetic fields of industrial frequency on overhead power lines with voltage of 500 and 750 kV

Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31, Budyonnogo Ave., Moscow, Russia, 105275

Introduction. Certain types of work in the vicinity of overhead power lines may be accompanied by prolonged presence of personnel during the work shift in areas where the maximum permissible levels of electric and magnetic fields of industrial frequency are exceeded.**The aim of study** is a comprehensive theoretical and instrumental assessment of the exposure of electric and magnetic fields of industrial frequency in places where personnel may stay when working near overhead power lines with a voltage of 500 and 750 kV.**Materials and methods.** The measurement points were determined using a matrix estimation method, taking into account the location of phases and sanitary protection zones of overhead power lines. The development and calculation of numerical models were carried out in the three-dimensional modeling environment SEMCAD X 14.8.6.**Results.** As a result of instrumental assessment of electric and magnetic fields of industrial frequency, places with exceeding the maximum permissible levels of the electric field of industrial frequency for a work shift were identified, which indicates the need to limit the time spent by personnel without the use of personal protective equipment. At the same time, no excess of the maximum permissible levels of the industrial frequency magnetic field was detected.**Conclusions.** The obtained numerical models of 500 and 750 kV overhead transmission lines when evaluating the levels of electric and magnetic fields of industrial frequency showed compliance with the data obtained during field measurements. This allows further research to assess the exposure of personnel performing work without removing voltage on overhead power lines of 500 and 750 kV.**Keywords:** electric field of industrial frequency; the magnetic field of industrial frequency; overhead transmission lines**For citation:** Konshina T.A. Assessment of exposure of electric and magnetic fields of industrial frequency on overhead power lines with voltage of 500 and 750 kV. *Med. труда i prom. ekol.* 2020; 60(11): 797–800. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-11-797-800>**For correspondence:** Tatyana A. Konshina, junior researcher of scientific and organizational department, Izmerov Research Institute of Occupational Health. E-mail: konshina@iriioh.ru**Information about authors:** Konshina T.A. <https://orcid.org/0000-0003-0004-9886>**Funding.** The study has no funding.**Conflict of interests.** The author declares no conflict of interests.

Received: 31.08.2020 / Accepted: 19.10.2020 / Published: 03.12.2020

Введение. Основным производственным фактором, неблагоприятно воздействующим на здоровье человека при обслуживании и эксплуатации электросетевых объектов, является электрическое и магнитное поле (ЭП и МП) промышленной частоты (ПЧ). Источниками ЭП и МП ПЧ могут быть элементы токоведущих систем высокого напряжения, такие как воздушные линии электропередачи (ВЛ), открытые распределительные устройства (ОРУ) и т. д.

Нарушения состояния здоровья персонала подстанций напряжением от 220 кВ были отмечены при исследованиях, начатых в 1960-х годах [1, 2]. Результаты исследований здоровья работников, обслуживающих ВЛ напряжением 500 и 750 кВ, показали стойкий характер изменений функционального состояния сердечно-сосудистой системы, нервной и иммунной систем [3]. Зарубежные исследования последних лет выявили изменения состояния иммунной системы и состава периферической крови у работников электростанций [4].

Определенные виды работ вблизи ВЛ (замена изоляторов и арматуры, осмотр, ремонт или замена проводов на различных участках линии) зачастую проводятся без снятия напряжения в целях обеспечения надежного и бесперебойного электроснабжения потребителей. Также без отключения ВЛ могут выполняться работы, не подразумевающие прикосновение к токоведущим частям, включающие окраску и выправку (устранение наклона) опор, замену отдельных деталей или опор в целом, ремонт или замену грозозащитных тросов и др. Данные виды работ на ВЛ напряжением 500 кВ и выше сопровождаются дли-

тельным нахождением персонала в течение рабочей смены в зонах с возможным превышением ПДУ ЭП и МП ПЧ.

Гигиеническое нормирование ЭП и МП ПЧ осуществляется в соответствии с СанПиН 2.2.4.3359-16 [5]. Обеспечение безопасных условий труда возможно при гигиенической оценке уровней экспозиции ЭП и МП ПЧ, на основании которой определяется оптимальный способ защиты и класс условий труда. В связи с этим актуальной задачей представляется адекватная инструментальная оценка уровней ЭП и МП ПЧ в местах нахождения персонала, которая, однако, не всегда осуществима.

Цель исследования — комплексная теоретическая (численное моделирование) и инструментальная оценка экспозиции ЭП и МП ПЧ в местах возможного пребывания персонала при работах вблизи ВЛ напряжением 500 и 750 кВ.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись места возможного пребывания персонала при работе вблизи ВЛ напряжением 500 и 750 кВ. Измерения проводились в районе подстанции на пролетах параллельно друг другу на протяжении нескольких пролетов двух ВЛ напряжением 500 кВ, уходящих от подстанции к потребителям, и двух ВЛ напряжением 750 кВ, подходящих к подстанции от атомных электростанций. Согласно методике, разработанной в ФГБНУ «НИИ МТ», точки измерений ЭП и МП ПЧ на ВЛ 500 кВ располагались на пересечении одной из плоскостей: под проекциями проводов крайних или средней фаз ВЛ, между проекциями проводов крайних или средней фаз, на расстоянии 15 м и 30 м от проекций проводов крайних фаз; и перпендикулярных им пло-

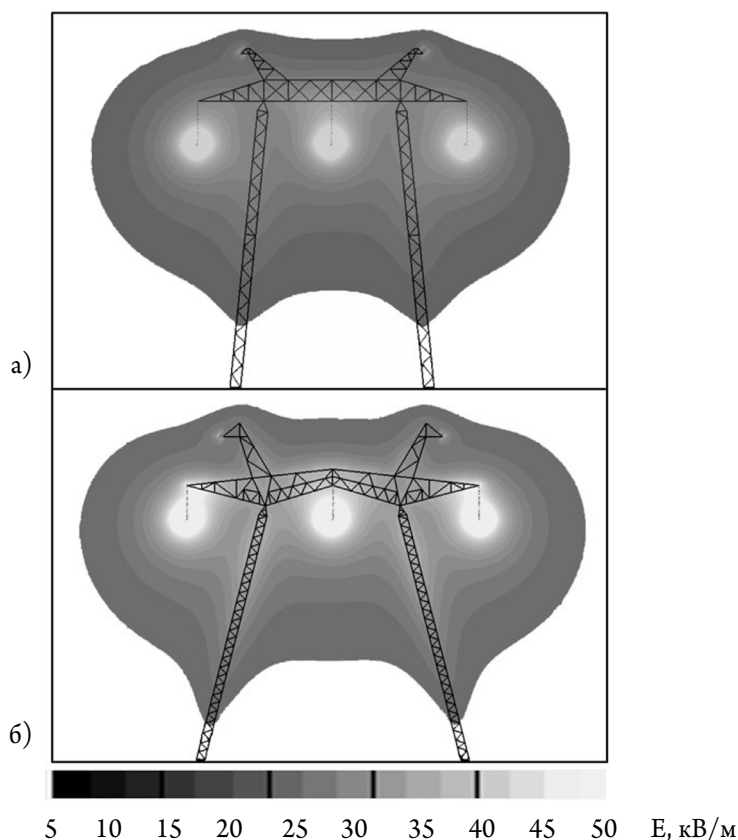


Рис. 1. Распределение ЭП ПЧ в численных моделях ВЛ напряжением 500 кВ (а) и 750 кВ (б) вблизи опор

Fig. 1. Distribution of electric field (EF) of industrial frequency (IF) in numerical models of 500 kV (a) and 750 kV (b) overhead lines near supports

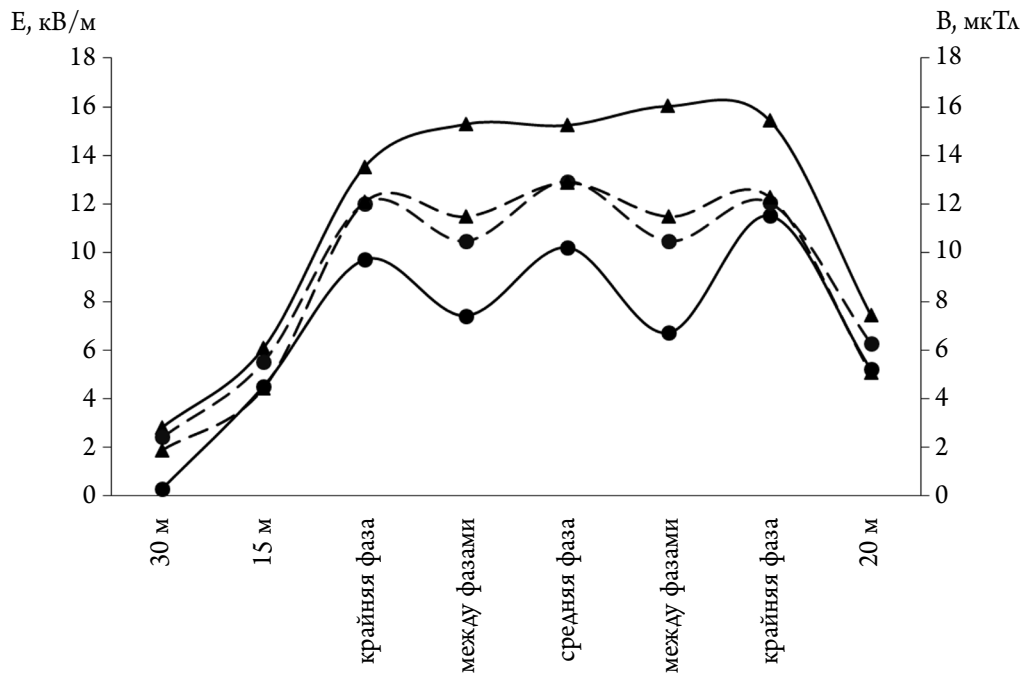


Рис. 2. Численная и инструментальная оценка экспозиции ЭП и МП ПЧ в середине пролета ВЛ 500 кВ на уровне 1,7 м от поверхности земли (— измеренные уровни ЭП и МП ПЧ, пересчитанные на максимальные напряжение и ток на ВЛ; --- уровни ЭП и МП ПЧ при численном моделировании; • напряженность ЭП ПЧ; ▲ магнитная индукция МП ПЧ)
Fig. 2. Numerical and instrumental assessment of the exposure of EF and magnetic field (MF) of IF in the middle of the 500 kV overhead line span at the level of 1.7 m from the earth's surface (— measured levels of EF and MF of IF, converted to the maximum voltage and current on the overhead line; --- levels of EF and MF of IF in numerical modeling; • strength of EF of IF; ▲ magnetic induction of MF of IF)

скостей: около опор, на $\frac{1}{4}$ пролета, в середине пролета или на $\frac{3}{4}$ пролета. В пролетах ВЛ 750 кВ точки измерений размещались по аналогичному принципу, кроме точек на расстоянии от проекций проводов крайних фаз, которые располагались на расстоянии 20 и 40 м.

В каждой точке измерения осуществлялись на высоте 0,5 м, 1,5 м и 1,7 м от поверхности земли [5]. Измеренные уровни напряженности ЭП ПЧ пересчитывались в соответствии с [5] на максимальное рабочее напряжение и максимальный рабочий ток.

Для проведения измерений в зоне прохода ВЛ 750 кВ был выбран прямолинейный участок протяженностью 4 пролета, ограниченный с двух сторон лесом. Для проведения измерений в зоне ВЛ 500 кВ был выбран прямолинейный участок протяженностью 2 пролета (по причине неоднородности ландшафта и наличия труднодоступных участков). В результате оценки уровней ЭП и МП ПЧ в пролетах ВЛ 500 кВ было проведено 900 измерений в 150 точках, в зоне ВЛ 750 кВ — 1692 измерения в 282 точках.

Измерения ЭП ПЧ в возможных местах пребывания персонала при работе в зоне ВЛ проводились с помощью измерителя напряженности поля промышленной частоты ПЗ-50 (ООО НПП «Омега Инжиниринг», Россия), измерения магнитной индукции МП ПЧ осуществлялись посредством измерителя электромагнитных полей EFA-300 (Narda, США) с антенной B-FIELD № AV-0147.

Численные модели ВЛ, включающие провода и опоры с изоляторами, траверсами, грозозащитными тросами и заземлением, были разработаны в среде трехмерного моделирования SEMCAD X v.14.8.6 (SPEAG, Швейцария).

Расчет численных моделей осуществлялся методом конечных разностей во временной области (КРВО) с использованием высокопроизводительных вычислительных систем NVIDIA Tesla C2057 (NVIDIA Corporation, США). Численные модели ВЛ напряжением 500 кВ (рис. 1а) использовали тип опор ПБ-4 с размером в осях фундамента $L=18,4$ м, высотой опоры $H=32,2$ м, высотой до нижней траверсы $h=27,2$ м и соответствовали реальным ВЛ 500 кВ, на которых проводилась гигиеническая оценка уровней ЭП и МП ПЧ. Численные модели ВЛ напряжением 750 кВ (рис. 1б) использовали тип опор ПП750-1 с размером в осях фундамента $L=33,2$ м, высотой опоры $H=41$ м, высотой до нижней траверсы $h=35$ м и также соответствовали по характеристикам и габаритам реальным ВЛ 750 кВ.

Результаты и обсуждение. Сравнительный график полученных данных натурных измерений и численного моделирования на примере ВЛ напряжением 500 кВ представлен на рисунке 2.

Таким образом, наибольший уровень ЭП ПЧ (12,5 кВ/м) был зарегистрирован под крайней фазой одной из ВЛ 500 кВ, а максимальный уровень МП ПЧ (31,9 мкТл) — под средней фазой той же ВЛ. Максимальные значения ЭП и МП ПЧ в зоне ВЛ 500 кВ были измерены в плоскости $\frac{3}{4}$ пролета, что вероятнее всего связано с возвышенностью в точках измерений.

Наибольший уровень ЭП ПЧ в зоне ВЛ 750 кВ был измерен вблизи проекции провода крайней фазы (9,5 кВ/м), наибольший уровень МП ПЧ (17,6 мкТл) был зафиксирован в зоне той же ВЛ под средней фазой. В пролетах ВЛ 750 кВ наибольшие уровни ЭП и МП ПЧ отмечены в середине пролета, где провода имеют максимальный провес.

Заключение. Анализ данных измерений уровней ЭП и МП ПЧ в местах возможного пребывания персонала, обслуживающего ВЛ 500 кВ, показал превышение ПДУ ЭП ПЧ, что свидетельствует о необходимости ограничения времени возможного пребывания персонала без использования СИЗ в зонах ВЛ 500 кВ до 2 ч. Измеренная магнитная индукция МП ПЧ не превышала гигиенический норматив для всей рабочей смены (100 мкТл).

В зонах прохождения ВЛ 750 кВ превышение ПДУ ЭП ПЧ для всей рабочей смены определяет необходимость огра-

ничения времени возможного пребывания персонала без использования СИЗ в этой зоне до 3,3 ч. Превышений ПДУ МП ПЧ в местах возможного пребывания персонала на ВЛ 750 кВ не было выявлено.

Разработанные численные модели ВЛ 500 и 750 кВ показали соответствие данным, полученным при натурных измерениях, что позволяет в дальнейших исследованиях проводить оценку экспозиции персонала, выполняющего работы без снятия напряжения на ВЛ 500 и 750 кВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гончарова Н.Н., Карамышев В.Б., Максименко Н.В., Абрамович-Поляков Л.Н. и др. Условия труда и их влияние на функциональное состояние сердечно-сосудистой системы работающих на высоковольтных подстанциях. *Гигиена труда и биологическое действие ЭМВ радиочастот*. М.; 1972: 100–1.
2. Думанский Ю.Д., Попович В.М., Козырин И.П. Влияние электромагнитного поля низкой частоты (50 Гц) на функциональное состояние организма человека. *Гигиена и санитария*. 1977; 12: 32–6.
3. Рубцова Н.Б., Косова И.П. Проблемы изучения состояния здоровья персонала, обслуживающего энергообъекты сверхвысокого напряжения. *Вестник АМН*. 1992; 3: 59–63.
4. Hosseinabadi M.B., Khanjani N., Samaei E., Nazarkhani F. Effect of long-term occupational exposure to extremely low frequency electromagnetic fields on proinflammatory cytokine and hematological parameters. *International Journal of Radiation Biology*. 2019; 95(11): 1573–80.
5. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. М.: Норматика; 2018.
1. Goncharova N.N., Karamyshev V.B., Maksimenko N.V., Abramovich-Polyakov L.N. et. al. Working conditions and their influence on the cardiovascular system functional state of high-voltage switchyards staff. *Occupational hygiene and biological effect of radio frequencies EMI*. Moscow; 1972: 100–1 (in Russian).
2. Dumansky Yu.D., Popovich V.M., Kozyarin I.P. Influence of low frequency electromagnetic field (50 Hz) on human body functional state. *Gigiena i sanitariya*. 1977; 12: 32–6 (in Russian).
3. Rubtsova N.B., Kosova I.P. Problems of studying workers health state serving ultra-high voltage power facilities. *Vestnik AMN*. 1992; 3: 59–63 (in Russian).
4. Hosseinabadi M.B., Khanjani N., Samaei E., Nazarkhani F. Effect of long-term occupational exposure to extremely low frequency electromagnetic fields on proinflammatory cytokine and hematological parameters. *International Journal of Radiation Biology*. 2019; 95(11): 1573–80.
5. SANPIN 2.2.4.3359-16. Sanitary and epidemiological requirements to physical factors at working places: Sanitary and epidemiological rules and regulations. Moscow: Normatika; 2018 (in Russian).