



Перов С.Ю., Бурмистрова О.В., Дремин А.И.

Условия труда электротехнического персонала при использовании экранирующих комплектов в тёплое время года

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», 105275, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. При работах вблизи воздушных линий (ВЛ) электропередачи в условиях превышения предельно допустимого уровня (ПДУ) электрического поля (ЭП) промышленной частоты (ПЧ) персонал использует экранирующие комплекты типа Эп в тёплое время года, что может оказывать дополнительную термическую нагрузку на организм.

Материалы и методы. Гигиеническая оценка условий труда проводилась в санитарно-защитной зоне прохождения ВЛ напряжением 330; 500 и 750 кВ. В исследованиях наряду с оценкой уровней напряжённости ЭП и МП ПЧ изучали влияние климатических условий на добровольцев при эксплуатации средств индивидуальной защиты (СИЗ). Оценку теплового состояния добровольцев проводили по интегральному показателю теплового состояния человека — изменению теплосодержания в организме (теплонакопление) в процессе работы.

Результаты. Гигиеническая оценка уровней напряжённости ЭП и МП ПЧ показала превышение ПДУ ЭП более чем в два раза и отсутствие превышения ПДУ для МП за всю рабочую смену на объектах исследования. Выявлено значительное увеличение показателя теплонакопления при производстве работ с использованием СИЗ от ЭП ПЧ при значениях температуры воздуха выше верхней границы допустимых величин.

Ограничения исследования связаны с условиями окружающей среды, при которых выполнялась практическая часть работы, а также относительно небольшой выборкой добровольцев.

Заключение. По результатам гигиенической оценки условий труда по показателям ЭП и МП ПЧ было установлено превышение ПДУ ЭП ПЧ на каждом из объектов исследований, что позволило определить класс условий труда как вредный 3.1 и обусловило необходимость применения СИЗ. Установление класса условий труда по показателям микроклимата при использовании СИЗ от ЭП ПЧ в нагревающей среде следует проводить с учётом показателей теплового состояния работников.

Ключевые слова: электрическое поле промышленной частоты; электротехнический персонал; тепловое состояние человека; средство индивидуальной защиты; класс условий труда

Соблюдение этических стандартов. Исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБНУ «НИИ МТ» (протокол заседания № 3 от 23.03.2022 г.), проведено в соответствии с требованиями Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации. Все участники дали информированное добровольное письменное согласие на участие в исследовании.

Для цитирования: Перов С.Ю., Бурмистрова О.В., Дремин А.И. Условия труда электротехнического персонала при использовании экранирующих комплектов в тёплое время года. *Гигиена и санитария*. 2025; 104(4): 403–408. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-4-403-408> <https://elibrary.ru/hayzgp>

Для корреспонденции: Перов Сергей Юрьевич, e-mail: perov@iriioh.ru

Участие авторов: Перов С.Ю. — концепция и дизайн исследования, сбор материала, редактирование; Бурмистрова О.В. — концепция и дизайн исследования, сбор материала, редактирование; Дремин А.И. — концепция и дизайн исследования, сбор материала, редактирование. Все соавторы — сбор материала, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Поступила: 07.10.2024 / Поступила после доработки: 05.11.2024 / Принята к печати: 03.12.2024 / Опубликовано: 30.04.2025

Sergey Yu. Perov, Olga V. Burmistrova, Alexey I. Dremin

Working conditions for electrical personnel under using shielding equipment in the warm season of the year

Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow, 105275, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Near overhead power lines in occupational conditions where the power frequency electric field strength exceeds the maximum permissible limit, the staff used shielding personal protective equipment of the Ep type may have additional thermal load on the body's functional state type during warm weather.

Material and methods. Hygienic assessment of occupational conditions was in the sanitary protection zone of 330 kV, 500 kV, and 750 kV overhead power lines. In addition to power frequency, electric and magnetic fields assessment, there was studied the action of climatic conditions on volunteers using personal protective equipment too. The volunteers' thermal state was evaluated using the change in the body's heat content (heat accumulation) during work as integral indicator of the human thermal state.

Results. The power frequency electric and magnetic fields hygienic evaluation shown maximum permissible limit to be exceeded by more than two times by electric field, while there was no exceedance of the magnetic field maximum permissible limit during the entire work shift at the study sites. During work with personal protective equipment the significant increase in the heat accumulation indicator was observed when air temperatures exceeded the upper limit of permissible values.

Limitations. The study was limited by the environmental conditions and the relatively small sample size of volunteers.

Conclusion. The occupational hygienic assessment of power, frequency of electric and magnetic fields showed the electric field maximum permissible limit to be exceeded at both study sites, classifying as harmful (Class 3.1) occupational condition and necessitating the use of personal protective equipment. The assessment

of occupational condition class by microclimatic parameters using shielding personal protective equipment the heating environment conditions should consider the workers' thermal state indicators.

Keywords: power frequency electric field; electric staff; human thermal state; shielding personal protective equipment; classification of occupational condition

Compliance with ethical standards. The study was approved by the local ethical committee of the Izmerov Research Institute of Occupational Health (meeting protocol No. 3 dated 23.03.2022), and the Helsinki Declaration of the World Medical Association. All participants gave informed voluntary written consent to participate in the study.

For citation: Perov S.Yu., Burmistrova O.V., Dremine A.I. Working conditions for electrical personnel under using shielding equipment in the warm season of the year. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2025; 104(4): 403–408. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-4-403-408> <https://elibrary.ru/hayzgp> (In Russ.)

For correspondence: Sergey Yu. Perov, e-mail: perov@iriioh.ru

Contribution: Perov S.Yu. — the concept and design of the study, collection and processing of material, editing; Burmistrova O.V. — the concept and design of the study, collection and processing of material, editing; Dremine A.I. — the concept and design of the study, collection and processing of material, editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: October 7, 2024 / Revised: November 5, 2024 / Accepted: December 3, 2025 / Published: April 30, 2025

Введение

Электроэнергетика является одной из ведущих отраслей народного хозяйства в России, её повсеместное расширение и применение обуславливает увеличение количества электросетевых объектов высокого и сверхвысокого напряжения. Это приводит к увеличению численности обслуживающего персонала, подвергающегося воздействию вредных и (или) опасных факторов производственной среды, которые часто превышают предельно допустимые уровни (ПДУ) на рабочих местах [1–4].

На объектах высокого и сверхвысокого напряжения ведущими вредными факторами производственной среды являются электрическое (ЭП) и магнитное (МП) поля промышленной частоты (ПЧ) [4, 5]. К основным источникам ЭП и МП ПЧ относятся токоведущие части электрооборудования (открытые распределительные устройства и трансформаторные площадки), а также высоковольтные линии электропередачи — как воздушные, так и кабельные [6].

Обеспечение электромагнитной безопасности электротехнического персонала достигается соблюдением ПДУ ЭП и МП ПЧ, регламентированных санитарно-гигиеническими нормативами, что на практике при превышении ПДУ реализуется ограничением времени работы, расстоянием до токоведущих частей или применением коллективных и (или) индивидуальных средств защиты (СИЗ) [7, 8].

В соответствии с требованиями СанПиН 1.2.3685–21 допустимые уровни ЭП и МП ПЧ зависят от времени пребывания человека в опасной зоне при отсутствии превышения максимального ПДУ¹. Значения допустимых уровней напряжённости ЭП ПЧ составляют 5 кВ/м в течение всего рабочего дня. В интервале напряжённости ЭП от 5 до 20 кВ/м допустимое время пребывания определяется по формуле, а при уровнях ЭП от 20 до 25 кВ/м оно не должно превышать 10 мин. Если уровень напряжённости ЭП превышает 25 кВ/м и работы выполняются без отключения питания, электротехнический персонал обязан использовать экранирующие комплекты [9]. Гигиенический норматив производственных воздействий МП ПЧ составляет 100 мкТл для всей рабочей смены; если время пребывания работника в МП менее 8 ч, то ПДУ определяется по кривой интерполяции, а при времени пребывания в зоне воздействия МП менее 1 ч ПДУ составляет 2 мТл [10].

В настоящее время СИЗ от МП ПЧ отсутствуют и применяются иные способы защиты (временем, расстоянием) [10], тогда как при эксплуатации высоковольтных установок на рабочих местах отмечается в основном превышение ПДУ по ЭП ПЧ. Одним из наиболее экономически эффективных

и оптимальных способов сохранения здоровья работников, профессионально связанных с воздействием ЭП ПЧ, является применение экранирующих СИЗ типа Эп, которые при выполнении работ на электросетевых объектах обеспечивают снижение уровней ЭП ПЧ до величин, не превышающих ПДУ [11–13].

Защита электротехнического персонала от неблагоприятного влияния ЭП на территории электросетевых объектов обеспечивается проведением организационных и технических мероприятий, однако использование специальной одежды для снижения негативного действия ведущего вредного фактора на открытой территории в тёплое время года может оказывать дополнительную термическую нагрузку на персонал [14–16], которую необходимо учитывать при регламентации работ и оценке условий труда [4, 16–18].

Цель работы — гигиеническая оценка условий труда электротехнического персонала при обслуживании воздушных высоковольтных линий электропередачи сверхвысокого напряжения с учётом термической нагрузки при использовании средств индивидуальной защиты в тёплое время года.

Материалы и методы

Гигиеническая оценка уровней ЭП ПЧ на рабочих местах электротехнического персонала проводилась в санитарно-защитной зоне (СЗЗ) прохождения воздушных линий 330; 500 и 750 кВ вблизи ПС «Металлургическая» филиала ПАО «ФСК ЕЭС» — Чернозёмное ПМЭС (объект № 1), а также 500 кВ (Филиал «Костромская ГРЭС» АО «Интер РАО — Электрогенерация») (объект № 2). Для оценки уровня напряжённости ЭП ПЧ применяли измеритель напряжённости поля промышленной частоты 50 Гц ПЗ-50 (ЗАО «ТАНО», Россия) и портативный анализатор для измерения магнитных полей EFA-300 (Narda Safety Test Solutions GmbH, Германия) с использованием антенны B-FIELD.

Измерения проводили на высоте 0,5; 1,5 и 1,7 м от поверхности земли по методике МУК 4.3.2491–09². Измеренные уровни МП пересчитывали на максимальный (годовое значение) рабочий ток.

Гигиеническую оценку условий труда по климатическим параметрам выполняли в соответствии с СанПиН 1.2.3685–21 и Руководством Р 2.2.2006–05³. Температуру окружающей среды в процессе работы, относительную влажность воздуха и ТНС-индекс регистрировали термогигрометром ИВТМ-7 К (АО «ЭКСИС», Москва).

² МУК 4.3.2491–09 Гигиеническая оценка электрических и магнитных полей промышленной частоты (50 Гц) в производственных условиях.

³ Р 2.2.2006–05 Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

¹ СанПиН 1.2.3685–21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. М.: Центрмг, 2021. 736 с.

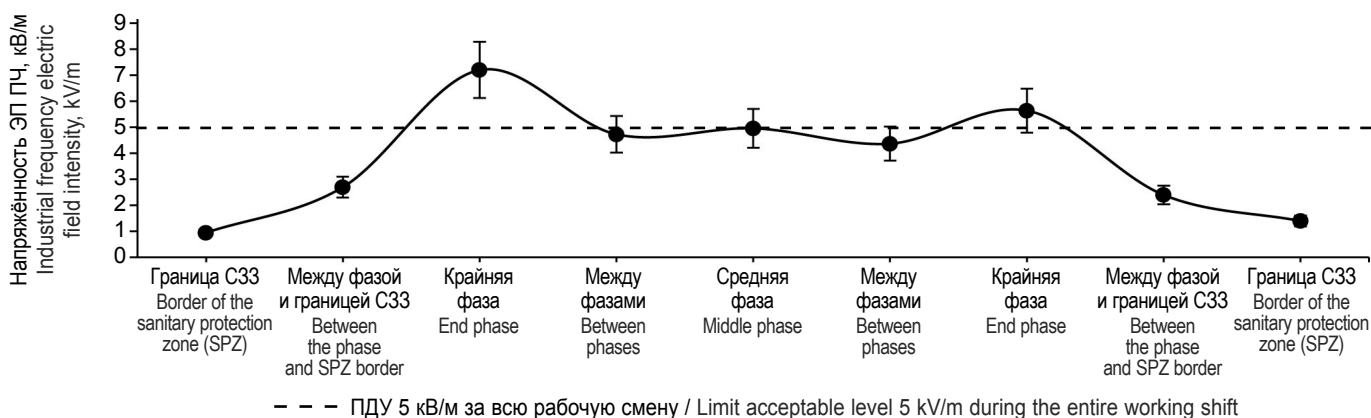


Рис. 1. Уровни ЭП ПЧ в 1/2 пролёта ВЛ 500 кВ (объект № 2).

Fig. 1. Power frequency electric field levels on 500 kV overhead powerline (Object No. 2).

Параллельно с измерением уровней напряжённости ЭП ПЧ и климатических параметров (температура и влажность окружающей среды, ТНС-индекс) на рабочих местах электротехнического персонала проводили исследования по оценке теплового состояния добровольцев, использующих СИЗ от ЭП ПЧ, в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации (выписка из протокола заседания Локального этического комитета ФГБНУ «НИИ МТ» № 3 от 23.03.2022 г.). В соответствии с п. 5.11.4 Руководства Р 2.2.2006–05 при выполнении работ, требующих применения специальных средств защиты (СИЗ от ЭП ПЧ), ухудшающих функциональное (тепловое) состояние работников, оценку условий труда выполняли по показателю функционального (теплового) состояния человека.

В исследованиях на всех объектах участвовали 12 добровольцев (мужчины, возраст 35 ± 13 лет, масса тела $74,28 \pm 24,11$ кг, рост $1,74 \pm 0,1$ м, индекс массы тела (ИМТ) $24,32 \pm 6,62$ кг/м²). Оценку теплового состояния добровольцев проводили по интегральному показателю теплового состояния человека — изменению теплосодержания в организме (теплонакопление). Для его определения в соответствии с МУК 4.3.1895–04⁴ и ГОСТ Р ИСО 9886–2008⁵ с использованием беспроводных датчиков Thermochron iButton™ (Maxim Integrated Products, Inc, США) регистрировались значения температуры ($T_{\text{к}}$, °C) кожи по 5 точкам (лоб, грудь, кисть, бедро и голень) цифровым медицинским термометром Thermoval Standard ("PAUL HARTMANN", Германия). Общие теплоощущения ($T_{\text{о}}$, баллы) доброволец оценивал в соответствии со шкалой⁴. Значения средневзвешенной температуры кожи человека ($T_{\text{свк}}$, °C), средней температуры тела ($T_{\text{ст}}$, °C), теплосодержания ($Q_{\text{тс}}$, кДж/кг) и его изменения (теплонакопление) ($\Delta Q_{\text{тс}}$, кДж/кг) рассчитывали на основании зарегистрированных показателей функционального состояния организма человека в соответствии с методическими указаниями⁴.

Добровольцы выполняли физическую работу, соответствующую категории IIа, с общими энергозатратами 113 Вт/м²: обход СЗЗ воздушных линий электропередачи напряжением 330; 500 и 750 кВ. Работы выполняли на открытой территории в тёплое время года (лето).

На протяжении всего периода исследований добровольцы постоянно использовали комплект СИЗ от ЭП ПЧ, в который входят электропроводящая одежда (куртка и брюки), накатник, перчатки и ботинки. Непосредственно под СИЗ добровольцы надевали комплект хлопчатобумажного белья (футболка, шорты и носки), а под накатник — пластиковую каску.

⁴ МУК 4.3.1895–04 Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегревания. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России; 2004.

⁵ ГОСТ Р ИСО 9886–2008. Эргономика термальной среды. Оценка температурной нагрузки на основе физиологических изменений. М.: Стандартинформ; 2009.

Продолжительность каждого цикла исследований составляла 60 мин.

Результаты

Суммарно при обходе СЗЗ ВЛ вблизи двух объектов электроэнергетики были проведены измерения напряжённости ЭП и МП ПЧ в 1400 точках. Результаты измерений напряжённости уровней ЭП ПЧ при обходе ВЛ 500 кВ вблизи филиала «Костромская ГРЭС» АО «Интер РАО — Электрогенерация» (объект № 2) в СЗЗ показали превышения ПДУ для всей рабочей смены. На рис. 1 представлены измеренные уровни напряжённости ЭП ПЧ в середине пролёта ВЛ 500 кВ в границах СЗЗ.

Максимальные уровни напряжённости ЭП ПЧ составили 7,2 и 5,6 кВ/м под проекциями крайних фаз на 1/2 пролёта. На границах СЗЗ максимальный уровень напряжённости ЭП ПЧ был равен 1,4 кВ/м. При проведении измерений вблизи опор ВЛ уровни напряжённости ЭП ПЧ определили как 0,84–1,2 кВ/м на границе СЗЗ, 1,65–2,02 кВ/м между границей СЗЗ и крайними фазами, 1,97–2,44 кВ/м под проекциями крайних фаз, 1,29–1,43 кВ/м между крайними и средней фазой и 0,84–0,96 кВ/м под проекцией средней фазы. На расстоянии 3/4 и 1/4 пролёта ВЛ уровни напряжённости ЭП ПЧ во всех исследуемых точках были в пределах 1,02–4,33 кВ/м. Максимальное время работы без использования СИЗ типа Эп в СЗЗ прохождения исследуемой ВЛ не должно превышать пяти часов.

По результатам оценки магнитной индукции с учётом максимальной годовой нагрузки во всех точках измерений превышений ПДУ не отмечено (не более 36,59 мкТл). В среднем уровни магнитной индукции в проекции средней фазы не превышали 16,85 мкТл.

Оценка климатических параметров при выполнении работ на наземных рабочих местах линейного электротехнического персонала в зоне прохождения ВЛ 500 кВ (объект № 2) показала, что средние значения температуры воздуха ($T_{\text{в}}$) в период исследования составляли плюс $23,8 \pm 1,7$ °C при относительной влажности воздуха ($RH_{\text{в}}$) ($37,7 \pm 6,8$)% и значении ТНС-индекса $18,3 \pm 1,7$ °C.

Динамика изменения теплосодержания в организме добровольцев, представленная на рис. 3, показывает, что значения этого показателя постоянно увеличивались и к 60-й минуте работы достигали максимальных значений — 1,09 кДж/кг.

Результаты измерений напряжённости уровней ЭП ПЧ при обходе СЗЗ ВЛ вблизи ПС «Металлургическая» филиала ПАО «ФСК ЕЭС» (объект № 1) также показали превышения ПДУ для всей рабочей смены. На рис. 2 отражены измеренные уровни ЭП ПЧ в середине пролёта трёх ВЛ 330; 500 и 750 кВ. В проекции крайних фаз ВЛ 330 кВ максимальная напряжённость ЭП ПЧ составила 8,5 кВ/м, на ВЛ 500 кВ —

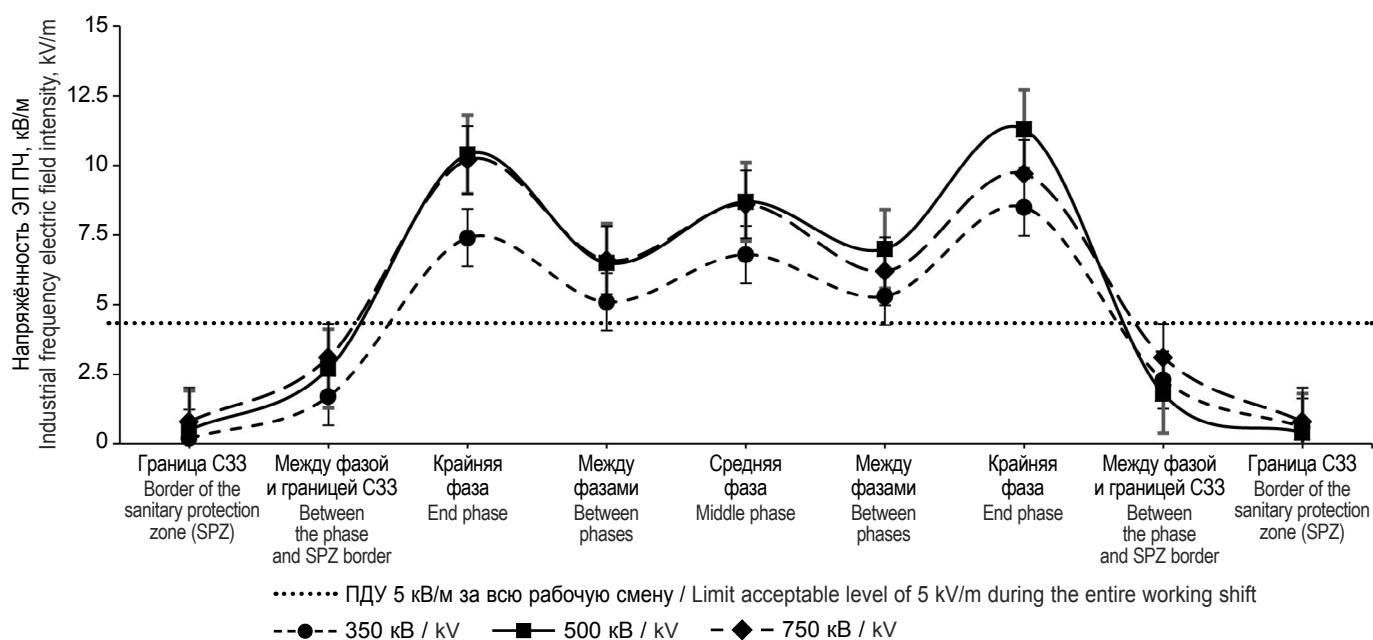


Рис. 2. Уровни ЭП ПЧ в 1/2 пролёта ВЛ 330–750 кВ (объект № 1).
Fig. 2. Power frequency electric field levels in 1/2 VL overhead powerline on 330–750 kV (Object No. 1).

11,3 кВ/м в проекции крайних фаз, а на ВЛ 750 кВ – 10,2 кВ/м. На границе СЗЗ напряжённость ЭП ПЧ во всех исследуемых точках не превышала 2 кВ/м.

При обходе СЗЗ ВЛ 330 кВ вблизи опор уровни ЭП ПЧ во всех точках измерения находились в диапазоне $1,2 \pm 0,5$ кВ/м, однако на расстоянии 1/4 и 3/4 пролёта уровни были значительно выше под проекциями крайних фаз, между крайними и средней фазой, а также под проекцией средней фазы и составляли 3–6,6 кВ/м. При обходе СЗЗ ВЛ 500 кВ тенденция сохранялась, вблизи опор уровни напряжённости ЭП ПЧ не превышали ПДУ и составляли в среднем $2,3 \pm 1,2$ кВ/м. На расстоянии 1/4 и 3/4 пролёта уровни достигали 10,2 кВ/м. На ВЛ 750 кВ превышение ПДУ отмечалось на каждом из исследуемых расстояний пролёта ВЛ, у опор максимальные уровни были зафиксированы под проекцией крайних фаз и составили 5,1–5,7 кВ/м.

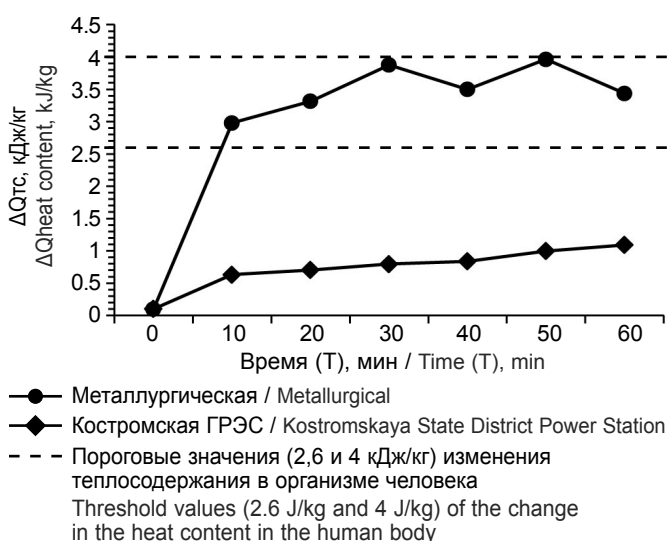


Рис. 3. Динамика изменения теплосодержания на протяжении всего периода исследований вблизи ВЛ двух объектов электроэнергетики.

Fig. 3. Trend in the heat content change of the heat content throughout the study period in the vicinity of overhead power lines of two power facilities.

На 1/4 и 3/4 пролёта уровни напряжённости ЭП ПЧ также превышали ПДУ: 6,6–10,2 кВ/м под проекцией крайних фаз и 5–7 кВ/м между крайней и средней фазой. С учётом полученных данных максимальное время работы без использования СИЗ типа Эп в СЗЗ воздушных линий электропередачи 330 кВ и выше не должно превышать 4 ч для ВЛ 330 кВ, 2,5 ч для ВЛ 500 кВ и 3 ч для ВЛ 750 кВ.

Как и в предыдущем случае, при анализе результатов измерений уровней МП превышений ПДУ магнитной индукции для всей рабочей смены выявлено не было.

На основании данных, полученных в ходе гигиенической оценки ЭП ПЧ, на объекте № 2 при необходимости проведения работ без ограничения во времени также необходимо использование защитных экранирующих комплектов типа Эп-1.

Оценка климатических параметров при выполнении работ на наземных рабочих местах линейного электротехнического персонала в зоне прохождения ВЛ 330; 500 и 750 кВ (объект № 1) показала, что средние значения температуры окружающей среды (Тв) в период исследования составляли $31,9 \pm 1,4$ °C при относительной влажности воздуха (RHв) $45,5 \pm 3,3\%$ и значении ТНС-индекса $26,4 \pm 1,1$ °C.

На рис. 3 отражена динамика изменения теплосодержания добровольцев на протяжении всего периода исследования вблизи ВЛ двух объектов электроэнергетики.

Динамика теплонакопления в организме добровольцев показала, что уже к 10-й минуте работ значение теплосодержания $\Delta Q_{тс}$ достигало 2,98 кДж/кг и продолжало расти до 30-й минуты, достигая значения 3,88 кДж/кг. На 40-й минуте было отмечено незначительное снижение показателя до 3,5 кДж/кг, обусловленное, возможно, снижением температуры кожи при её увлажнении, однако к 50-й минуте зафиксировано пиковое значение – 3,96 кДж/кг. К 60-й минуте снова наблюдалось снижение теплосодержания до 3,44 кДж/кг.

Обсуждение

При комбинированном воздействии двух вредных производственных факторов общую оценку условий труда устанавливают по наиболее высокому классу и степени вредности одного из них (Руководство 2.2.2006–05). Результаты гигиенической оценки климатических параметров на Костромской ГРЭС (объект № 2) показали, что

средние значения температуры воздуха, его относительной влажности и ТНС-индекса находились в пределах допустимых величин (СанПиН 1.2.3685–21), поэтому класс условий труда по показателям микроклимата установлен как допустимый (класс 2). Исследования динамики изменения теплосодержания в организме добровольцев показали, что значения за весь период наблюдений находились в пределах допустимых величин (2,6 кДж/кг) (МУК 4.3.1895–04). Но поскольку класс условий труда по показателям уровня напряжённости ЭП ПЧ определён как вредный 3.1, общая оценка условий труда по обоим показателям должна быть установлена как вредный 3.1.

Анализ результатов измерений климатических параметров на объекте № 1 ПС «Металлургическая» филиала ПАО «ФСК ЕЭС» показал, что применительно к категории выполнения работ Па средние значения температуры воздуха (плюс 31,9 °С) за период исследований превышали в среднем на 5 °С верхнюю границу допустимых значений (плюс 27 °С, СанПиН 1.2.3685–21) для тёплого периода года, а значения ТНС-индекса, составляющие в среднем 26,4 °С, на 1,3 °С превышали допустимые величины (25,1 °С) (Руководство 2.2.2006–05), что позволяет определить класс условий труда как вредный 3.2. Согласно результатам определения теплонакопления в организме добровольцев, его значения находились в пределах 2,98–3,96 кДж/кг (в среднем 3,5 кДж/кг), что соответствовало предельно допустимым величинам этого показателя на период не более трёх часов за рабочую смену (до 4 кДж/кг) (МУК 4.3.1895–04). Эти данные позволяют классифицировать высокий риск перегрева работников по этому показателю, определить класс условий труда как вредный 3.2 [16, 19], что согласуется с результатами исследований по оценке микроклимата при использовании различных видов спецодежды [16], которые показали увеличение класса условий труда в среднем на один пункт при использовании СИЗ и температуре воздуха выше допустимых значений.

Ограничения исследования связаны с условиями окружающей среды, при которых выполняли практическую часть работы, а также относительно небольшой выборкой добровольцев.

Авторами в открытом доступе была обнаружена одна публикация по данному направлению, отражающая проведение исследований в лабораторных условиях в микроклиматической камере [15], что подтверждает актуальность изучения в натурных условиях.

Заключение

По результатам проведённой оценки уровней напряжённости ЭП ПЧ на каждом из объектов электроэнергетики в области проекций крайних фаз отмечалось превышение ПДУ за рабочую смену (7,2 и 11,3 кВ/м), что позволило определить класс условий труда персонала как вредный 3.1. Это требует ограничения времени работы от 2,5 до 5 ч, однако невозможно в связи с технологическими процессами выполнения работ, поэтому использование СИЗ типа Эп является обязательным.

Основные работы при обслуживании ВЛ на объектах энергетики проводятся в весенне-осенний период на открытых территориях, поэтому актуальна оценка условий труда по показателям микроклимата, что особенно важно при применении персоналом СИЗ, использование которых может оказывать дополнительную тепловую нагрузку на организм человека [16, 19, 20].

По результатам гигиенической оценки климатических параметров, а также динамики изменения теплосодержания в организме добровольцев на Костромской ГРЭС (объект № 2) установлено, что все исследуемые величины находились в пределах допустимых, следовательно, класс условий труда персонала определён как допустимый (класс 2).

На основании значений ТНС-индекса регламент работ на рабочих местах (объект № 1) с превышением уровней ЭП ПЧ и при использовании СИЗ должен составлять 41 мин работы и 19 мин отдыха в течение одного часа⁶.

Общая оценка условий труда на объекте № 1 по показателям уровней ЭП ПЧ (класс 3.1) и значениям климатических параметров с учётом величины теплонакопления в организме добровольцев (класс 3.2) позволила установить класс условий труда как вредный 3.2, а на объекте № 2 по показателям уровней ЭП ПЧ (класс 3.1) и значениям климатических параметров с учётом величины теплонакопления в организме добровольцев (класс 2) класс условий труда определён как вредный 3.1.

⁶ Методические рекомендации МР 2.2.8.0017–10 от 28.12.2010 г. «Режимы труда и отдыха работающих в нагреваемом микроклимате в производственном помещении и на открытой местности в теплый период года». М., 2011. 19 с.

Литература

(п.п. 2, 3, 12, 13, 17, 18, 20 см. References)

1. Коньшина Т.А. *Научное обоснование комплексного метода гигиенической оценки средств индивидуальной защиты от электрических полей промышленной частоты*: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. М.: 2021.
2. Перов С.Ю., Бурмистрова О.В., Дремин А.И. Физиолого-гигиеническая оценка условий труда электротехнического персонала при использовании средств индивидуальной защиты в теплое время года. В кн.: *Сборник трудов Всероссийской научной конференции с международным участием «Медицина труда: проблемы сохранения профессионального здоровья в России на рубеже первой и второй четверти XXI века»*. СПб.: 2024: 197–200.
3. Колечицкий Е.С., Королев И.В., Бурдюков Д.А., Чувирина С.А., Кондратьева О.Е. Защита персонала энергообъектов от воздействия электрических полей промышленной частоты. *Электротехника*. 2017; (5): 50–2. <https://elibrary.ru/ymitgf>
4. Коньшина Т.А., Дремин А.И. Оценка воздействия электромагнитного поля промышленной частоты при обслуживании высоковольтного оборудования электростанции. В кн.: *Тезисы докладов VI Международной (XIX Региональной) научной конференции «Техногенные системы и экологический риск»*. Обнинск; 2023: 392–4. <https://elibrary.ru/suymtp>
5. Приказ Минтруда России № 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок (с изменениями от 29.04.2022 года)». М.; 2020.
6. Рубцова Н.Б., Токарский А.Ю., Лазаренко Н.В., Самусенко Т.Г. Методические принципы гигиенической оценки электромагнитных полей промышленной частоты на рабочих местах персонала электросетевых объектов и их реализация. *Бюллетень Восточно-Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук*. 2006; (3): 7–12. <https://elibrary.ru/kyndib>
7. Шепелева Е.А., Королёв И.В. Оценка эффективности средств индивидуальной защиты от электрических полей промышленной частоты. В кн.: *Сборник трудов Конкурса научно-исследовательских работ (Конкурса НИР): Материалы Молодежной программы 25-й Международной специализированной выставки и Форума «Безопасность и охрана труда» БИОТ-2021*. М.; 2021: 125–8. <https://elibrary.ru/ktrtrns>
8. Пальцев Ю.П., Походзей Л.В., Куриленко Ю.В., Руднева Е.А. Магнитные поля низкочастотных диапазонов на рабочих местах: критерии гигиенической регламентации. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(5): 436–43. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-5-436-443>
9. Перов С.Ю., Коньшина Т.А., Макарова-Землянская Е.Н. Новые требования к средствам индивидуальной защиты от электрических полей промышленной частоты и поражения током наведенного напряжения. *Медицина труда и промышленная экология*. 2020; 60(11): 849–52. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-11-849-852>
10. Перов С.Ю., Коньшина Т.А., Сажина М.В., Левченков Д.И. Оценка вариативности сердечного ритма при работе в шунтирующих экранирующих комплектах в условиях тепловой нагрузки среды. *Медицина труда и промышленная экология*. 2023; 63(5): 308–14. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-5-308-314>
11. Бурмистрова О.В., Коньшина Т.А. Физиолого-гигиеническая оценка защитных свойств средств индивидуальной защиты от электрических полей промышленной частоты, изготовленных из различных материалов. В кн.: *Здоровье и окружающая среда: Сборник материалов международной научно-практической конференции*. Минск; 2021: 129–32. <https://elibrary.ru/rssilj>
12. Прокопенко Л.В., Афанасьева Р.Ф., Бессонова Н.А., Бурмистрова О.В., Лосик Т.К., Константинов Е.И. Методические подходы к оценке производственного микроклимата на рабочих местах при использовании различных видов спецодежды для защиты от вредных производственных факторов. *Медицина труда и промышленная экология*. 2013; (4): 10–8. <https://elibrary.ru/qbmifh>
13. Афанасьева Р.Ф., Константинов Е.И., Бессонова Н.А. *Тепловой стресс. Физиолого-гигиенические аспекты профилактики*. М.: Книжник; 2012. <https://elibrary.ru/qmcfjz>

References

- Konshina T.A. *Scientific substantiation of a comprehensive method of hygienic assessment of personal protective equipment against electric fields of industrial frequency*: Diss. Moscow; 2021. (in Russian)
- Korpinen L.H., Elovaara J.A., Kuisti H.A. Occupational exposure to electric fields and induced currents associated with 400 kV substation tasks from different service platforms. *Bioelectromagnetics*. 2011; 32(1): 79–83. <https://doi.org/10.1002/bem.20612>
- Nadolny Z. Impact of changed in limit values of electric and magnetic field on personnel performing diagnostics of transformers. *Energies*. 2022; 15(19): 7230. <https://doi.org/10.3390/en15197230>
- Perov S.Yu., Burmistrova O.V., Dremine A.I. Physiological and hygienic assessment of working conditions of electrical engineering personnel when using personal protective equipment in the warm season. In: *Proceedings of the All-Russian Scientific Conference with International Participation «Occupational Medicine: Problems of Maintaining Occupational Health in Russia at the Turn of the First and Second Quarters of the XXI Century» [Sbornik trudov Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Meditsina truda: problemy sokhraneniya professional'nogo zdorov'ya v Rossii na rubezhe pervoi i vtoroi chetverti XXI veka»]*. St. Petersburg; 2024: 197–200. (in Russian)
- Kolechitskii E.S., Korolev I.V., Burdyukov D.A., Chuvirova S.A., Kondratova O.E. Protection of personnel of power facilities from the effects of electric fields of industrial frequency. *Elektrotehnika*. 2017; (5): 50–2. <https://elibrary.ru/ymitgf> (in Russian)
- Konshina T.A., Dremine A.I. Assessment of the effect of the electromagnetic field of industrial frequency during maintenance of high-voltage equipment of a power plant. In: *Abstracts of the VI International (XIX Regional) Scientific Conference «Technogenic Systems and Environmental Risk» [Tezisy dokladov VI Mezhdunarodnoi (XIX Regional'noi) nauchnoi konferentsii «Tekhnogennye sistemy i ekologicheskii risk»]*. Obninsk; 2023: 392–4. <https://elibrary.ru/syymtp> (in Russian)
- Order of the Ministry of Labor of the Russian Federation No. 903n «On Approval of Labor Protection Rules for the Operation of Electrical Installations (as amended on 04/29/2022)». Moscow; 2020. (in Russian)
- Rubtsova N.B., Tokarski A.Yu., Lazarenko N.V., Samusenko T.G. Methodical principles of hygienic assessment of electromagnetic fields of industrial frequencies at the working places of the electrical main centres and their realization. *Byulleten' Vostochno-Sibirskogo nauchnogo tsentra Sibirskogo otdeleniya Rossiiskoi akademii meditsinskikh nauk*. 2006; (3): 7–12. <https://elibrary.ru/kyndib> (in Russian)
- Shepeleva E.A., Korolev I.V. Evaluation of the effectiveness of personal protective equipment against electric fields of industrial frequency. In: *Proceedings of the Research and Development Competition: Materials of the Youth Program of the 25th International Specialized Exhibition and Forum «Occupational Safety and Health» BIOT-2021 [Sbornik trudov Konkursa nauchno-issledovatel'skikh rabot (Konkursa NIR): Materialy Molodezhnoi programmy 25-i Mezhdunarodnoi spetsializirovannoi vystavki i Foruma «Bezopasnost' i okhrana truda» BIOT-2021]*. Moscow; 2021: 125–8. <https://elibrary.ru/krtrns> (in Russian)
- Paltsev Yu.P., Pokhodzey L.V., Kurilenko Yu.V., Rudneva E.A. Low-frequency range magnetic fields at workplaces: hygiene regulation criteria. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(5): 436–43. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-5-436-443> <https://elibrary.ru/hgpoqq> (in Russian)
- Perov S.Yu., Konshina T.A., Makarova-Zemlyanskaya E.N. New requirements for power frequency electric field and induced current personal protective equipment. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2020; 60(11): 849–52. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-11-849-852> <https://elibrary.ru/ulzfzm> (in Russian)
- Göcsei G., Berta I.S., Németh B. Safety considerations regarding to the shielding of electric fields during high voltage live-line maintenance. *Acta Tech. Jaurinensis*. 2015; 8(2): 153–64. <https://doi.org/10.14513/actatechjaur.v8.n2.368>
- Pirkkalainen H., Elovaara J.A., Korpinen L. Decreasing the extremely low-frequency electric field exposure with a Faraday cage during work tasks from a man hoist at a 400 kV substation. *Prog. Electromagn. Res.* 2016; 48: 55–66. <https://doi.org/10.2528/PIERM16021501>
- Perov S.Yu., Konshina T.A., Sazhina M.V., Levchenkov D.I. Heart rate variability assessment during work in personal protective equipment under environmental thermal load. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2023; 63(5): 308–14. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-5-308-314> <https://elibrary.ru/yjgezy> (in Russian)
- Burmistrova O.V., Konshina T.A. Physiological and hygienic assessment of the protective properties of personal protective equipment against electric fields of industrial frequency made of various materials. In: *Health and Environment: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference [Zdorov'e i okruzhayushchaya sreda: Sbornik materialov mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii]*. Minsk; 2021: 129–32. <https://elibrary.ru/rssilj> (in Russian)
- Prokopenko L.V., Afanasyeva R.F., Bessonova N.A., Bourmistrova O.V., Losik T.K., Konstantinov E.I. Methodic approaches to evaluation of microclimate at workplace, with application of various types of clothing protective against occupational hazards. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2013; (4): 10–8. <https://elibrary.ru/qbmifh> (in Russian)
- Crandall C.G., Wilson T.E. Human cardiovascular responses to passive heat stress. *Compr. Physiol.* 2015; 5(1): 17–43. <https://doi.org/10.1002/cphy.c140015>
- Bouchama A., Knochel J.P. Heat stroke. *N. Engl. J. Med.* 2002; 346(25): 1978–88. <https://doi.org/10.1056/NEJMra011089>
- Afanaseva R.F., Konstantinov E.I., Bessonova N.A. *Heat Stress. Physiological and Hygienic Aspects of Prevention [Teplovoy stress. Fiziologo-gigienicheskie aspekty profilaktiki]*. Moscow: Knizhnik; 2012. <https://elibrary.ru/qmcfjz> (in Russian)
- Havenith G. Heat balance when wearing protective clothing. *Ann. Occup. Hyg.* 1999; 43(5): 289–96. [https://doi.org/10.1016/S0003-4878\(99\)00051-4](https://doi.org/10.1016/S0003-4878(99)00051-4)

Сведения об авторах

Перов Сергей Юрьевич, доктор биол. наук, зав. лаб., ФГБНУ «НИИ МТ», 105275, Москва, Россия. E-mail: perov@iriioh.ru

Бурмистрова Ольга Владимировна, канд. мед. наук, вед. науч. сотр., ФГБНУ «НИИ МТ», 105275, Москва, Россия. E-mail: olgaburmist@inbox.ru

Дремин Алексей Игоревич, мл. науч. сотр., ФГБНУ «НИИ МТ», 105275, Москва, Россия. E-mail: dremine@iriioh.ru

Information about the authors

Sergey Yu. Perov, DSc (Biology), head of the Laboratory, Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow, 105275, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-6903-4327> E-mail: perov@iriioh.ru

Olga V. Burmistrova, leading researcher, Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow, 105275, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-8233-4017> E-mail: olgaburmist@inbox.ru

Aleksey I. Dremine, junior Researcher, Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow, 105275, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-4138-1308> E-mail: dremine@iriioh.ru