

DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-11-849-852>

УДК 614.875

© Коллектив авторов, 2020

Перов С.Ю.¹, Коньшина Т.А.¹, Макарова-Землянская Е.Н.²**Новые требования к средствам индивидуальной защиты от электрических полей промышленной частоты и поражения током наведенного напряжения**¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова», пр-т Буденного, 31, Москва, Россия, 105275;²ФГБОУ ВО «Российский университет транспорта», ул. Образцова, 9/9, Москва, Россия, 127994

В условиях превышения предельно допустимых уровней электрических полей промышленной частоты работник должен использовать средства индивидуальной защиты. Требования к подобным средствам регламентируются системой стандартов безопасности труда.

Целью работы является анализ новых требований, предъявляемых к средствам индивидуальной защиты от электрических полей промышленной частоты и наведенного напряжения в регламентирующих межгосударственных стандартах ГОСТ 12.4.172 и ГОСТ 12.4.283.

Показано обоснование новых требований к средствам индивидуальной защиты при различных видах работ для обеспечения сохранения здоровья электротехнического персонала при обслуживании и эксплуатации электросетевых объектов.

Повышение требований для средств индивидуальной защиты улучшает защиту персонала как на потенциале земли, так и на потенциале провода, в т. ч. в аварийных ситуациях при возникновении наведенного и шагового напряжения.

Ключевые слова: электрическое поле промышленной частоты; наведенное напряжение; средство индивидуальной защиты

Для цитирования: 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. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60(11): 849–852. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-11-849-852>

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. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Sergey Yu. Perov¹, Tatyana A. Konshina¹, Elena N. Makarova-Zemlyanskaya²**New requirements for power frequency electric field and induced current personal protective equipment**¹Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31, Budyonnogo Ave., Moscow, Russia, 105275;²Russian University of Transport, 9/9, Obraztsova str., Moscow, Russia, 127994

In conditions of exceeding the maximum permissible levels of power frequency electric field, the staff must use personal protective equipment. Requirements for such means are regulated by the system of occupational safety standards.

The goal of this work is analyzed new requirements for power frequency and induced personal protective equipment in the regulatory interstate standards GOST 12.4.172 and GOST 12.4.283.

The personal protective equipment new requirements for various types of work are substantiated to electrical personnel health safety during the maintenance and operation of power grid facilities.

Increasing requirements for personal protective equipment improves the staff protection at ground potential and at wire potential, including in emergency situations such as induced and step voltage.

Keywords: power frequency electric field; induced current; personal protective equipment

For citation: Perov S.Yu., Konshina T.A., Makarova-Zemlyanskaya E.N. New requirements for power frequency electric field and induced current personal protective equipment. *Med. truda i prom. ekol.* 2020; 60(11): 849–852. <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-11-849-852>

For correspondence: Tatyana A. Konshina, junior researcher of scientific and organizational department of Izmerov Research Institute of Occupational Health. E-mail: konshina@iriioh.ru

Information about authors: Perov S.Yu. <https://orcid.org/0000-0002-6903-4327>

Konshina T.A. <https://orcid.org/0000-0003-0004-9886>

Funding. The study has no funding.

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

Received: 31.08.2020 / **Accepted:** 19.10.2020 / **Published:** 03.12.2020

Обеспечение защиты персонала от неблагоприятного влияния факторов производственной среды является важной проблемой безопасности труда. Зачастую наблюдается превышение предельно допустимых уровней (ПДУ) воздействия факторов при обслуживании и эксплуатации электросетевых объектов, являющихся источником электрических и магнитных полей промышленной частоты. При этом существует необходимость обеспечения выполнения работ, что не позволяет вывести работника из зоны влияния фактора, поэтому используются средства

индивидуальной защиты (СИЗ).

Используемые в настоящее время комплекты СИЗ включают в себя одежду (комбинезон, куртка и брюки/полукомбинезон), средства защиты головы (накапник с лицевым экраном), средства защиты рук (перчатки и(или) рукавицы) и средства защиты ног (ботинки), выполненные из электропроводящих материалов. При этом все элементы экранирующего комплекта должны быть электрически соединены для образования по принципу «клетки Фарадея» замкнутой оболочки вокруг тела человека и обеспе-

чивать снижение уровня напряжённости электрического поля до безопасного в течение времени, определяемого назначением изделия.

Первые требования, предъявляемые к СИЗ от электрического поля промышленной частоты (ЭП ПЧ) были разработаны в Советском союзе в середине 80-х годов. В настоящее время применяются экранирующие комплекты, которые должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.4.172-2014 [1]. Кроме того, при работе вблизи электросетевых объектов высокого и сверхвысокого напряжения возникает опасность поражения электрическим током, который наводится на металлические объекты, находящиеся в условиях воздействия электрических и магнитных полей при напряженностях, превышающих ПДУ, что создает дополнительную опасность для персонала. Поэтому при таких работах необходимо обеспечить защиту персонала не только от ЭП ПЧ, но и от поражения электрическим током наведенного напряжения путем шунтирования, что регламентируется требованиями ГОСТ 12.4.283-2014 [2]. Защита работающих от неблагоприятного влияния магнитного поля промышленной частоты (МП ПЧ) применением СИЗ не обеспечивается. В этом случае используются принципы защиты расстоянием и временем, а также техническим способом путем адекватных компоновок силового оборудования или применения пассивных либо активных экранов.

Исходя из общей классификации СИЗ в редакции 2019 г., в название ГОСТ 12.4.172 были внесены изменения, т. к. документ рассматривает, в первую очередь СИЗ. В новой редакции название ГОСТ 12.4.172 является «Средства инициальной защиты от электрических полей промышленной частоты. Комплекты индивидуальные экранирующие». В разделе нормативных ссылок были ак-

туализированы и дополнены межгосударственные стандарты, которые применяются при создании и контроле СИЗ типа ЭП. Стоит отметить, что в новой редакции появилось разделение СИЗ типа ЭП на мужские и женские костюмы. Классификация костюмов по степени защиты (работа на потенциале земли или работы под напряжением) не изменилась, однако в новой редакции появилось уточнение для капюшона: он должен изготавливаться из основной электропроводящей ткани, что обеспечивает увеличение эффективности экранирования, однако при работах под напряжением до 110 кВ допускается использовать только наकाшик. Такие требования были обусловлены особенностями работы на потенциале провода, а также введением нового метода оценки эффективности защитных свойств СИЗ, в том числе снижением потенциально негативного влияния ЭП ПЧ на органы и ткани головы человека. Также в новой редакции были уточнены требования для электрического сопротивления ленты повышенной проводимости, величина электрического сопротивления не изменилась (0,2 Ом), но она должна сохраняться до и после 10 циклов гигиенической обработки (стирки и/или химической стирки). Учитывая комплексный характер основного электропроводящего материала, в новой редакции были введены требования к воздухопроницаемости и паропроницаемости пакета материалов для летних и зимних костюмов (**таблица 1**). В редакции 2014 г. в ГОСТ 12.4.172 присутствует ошибка в размерности поверхностного электрического сопротивления ткани, так в п. 4.3.1.2 приводится 2 Ом, тогда как в п. 5.1.2.5 приводятся требования от 2 до 200 Ом/м², поэтому в редакции 2019 года с учетом корректировки метода измерения была определена величина в 10 Ом для основной ткани всех типов комплектов.

Таблица 1 / Table 1

Сравнение действующих и перспективных требований, предъявляемых к СИЗ от ЭП ПЧ по ГОСТ 12.4.172
Comparison of current and future requirements for PPE from EF of industrial frequency (IF) according to GOST 12.4.172

Наименование показателя	Действующая редакция	Проект пересмотра
	ГОСТ 12.4.172-2014	ГОСТ 12.4.172-2019
Воздухопроницаемость, не менее	–	30 дм ³ /м ² с ГОСТ 12.4.303
Паропроницаемость, не менее	–	4 мг/см ² ч ГОСТ 12.4.303
Поверхностное электрическое сопротивление электропроводящей ткани	2 Ом	10 Ом
Водоотталкивание и маслоотталкивание	–	ГОСТ 12.4.280
Коэффициента экранирования ткани	40 дБ (100 отн.ед.)	80 дБ
Электрическое сопротивление одежды*	100–200 Ом	10 Ом
Электрическое сопротивление наकाшика*	30–100 Ом	10 Ом
Электрическое сопротивление перчаток*	30–100 Ом	30 Ом
Электрическое сопротивление экрана для лица	30 Ом	10 Ом
Электрическое сопротивление комплекта в сборе* (без учета обуви)	10–100 Ом	10 Ом
Коэффициента экранирования комплекта*	30–40 дБ	30–60 дБ
Электрическое сопротивление комплекта в сборе* (без учета обуви)	10–100 Ом	10 Ом
Коэффициента экранирования комплекта*	30–40 дБ	30–60 дБ

Примечание: * в зависимости от типа комплекта значение для ЭП-1 и ЭП-3 максимальное, для ЭП-4 — минимальное.
 Note: * depending on the type of set, the value for EF-1 and EF-3 is the maximum, and for EF-4 it is the minimum.

Таблица 2 / Table 2

Сравнение действующих и перспективных требований, предъявляемых к СИЗ от поражения электрическим током наведенного напряжения по ГОСТ 12.4.283**Comparison of current and prospective requirements for PPE against induced voltage electric shock according to GOST 12.4.283**

Наименование показателя	Действующая редакция	Проект пересмотра
	ГОСТ 12.4.283-2014	ГОСТ 12.4.283-2019
Воздухопроницаемость, не менее	–	30 дм ³ /м ² с ГОСТ 12.4.303
Паропроницаемость, не менее	–	4 мг/см ² ч ГОСТ 12.4.303
Поверхностное электрическое сопротивление электропроводящей ткани	2 Ом	10 Ом
Водоотталкивание и маслоотталкивание	-	ГОСТ 12.4.280
Электрическое сопротивление одежды	100 Ом	10 Ом
Электрическое сопротивление нагасника	30 Ом	10 Ом
Электрическое сопротивление экрана для лица	30 Ом	10 Ом
Коэффициента экранирования комплекта	40 дБ	60 дБ

В новой редакции ГОСТ 12.4.172 также введены требования к водоотталкиванию и маслоотталкиванию, что является важным уточнением в связи со спецификой воздействующего фактора, когда влага и химические соединения на основе масел могут влиять на снижение эффективности экранирования и оказывать коррозионное воздействие, снижая шунтирующие свойства СИЗ.

В рамках пересмотра ГОСТ 12.4.172-2014 был исключен косвенный метод определения коэффициента экранирования электропроводящей ткани по стандарту IEC 60895-2002 [3], взамен предложен прямой метод оценки этого показателя, который основан на оценке напряженности ЭП ПЧ [4]. Это привело к увеличению нормативного значения до 80 дБ, которое должно учитывать требуемую эффективность СИЗ с более низким коэффициентом экранирования, связанную с конструктивными особенностями комплекта.

В действующей редакции ГОСТ 12.4.172-2014 были указаны различные величины электрического сопротивления отдельных элементов одежды в зависимости от типа комплекта (ЭП-1,3 или ЭП-4), а также предусматривалось их увеличение в процессе эксплуатации. Такой подход вносил двусмысленность при контроле показателей как новых изделий, так и при оценке стойкости комплекта одежды к химическим чисткам и/или стиркам при сертификации и инспекционном контроле. Поэтому в редакции 2019 г. СИЗ должно иметь одно значение электрического сопротивления каждого элемента одежды (10 Ом), кроме перчаток (30 Ом), до и после 10 циклов санитарной обработки.

Основным показателем эффективности СИЗ от ЭП ПЧ при уровнях выше 5 кВ/м является коэффициент экранирования. В основе разработанного подхода оценки эффективности защиты используется показатель напряженности ЭП ПЧ, регламентированный санитарно-гигиеническими нормативами [5]. Такой подход дает возможность оценить негативное воздействие фактора, прогнозировать время работы с соблюдением ПДУ и снизить класс условий труда при использовании СИЗ. Исходя из максимально возможных уровней ЭП ПЧ для работ на потенциале земли, достаточным является коэффициент экранирова-

ния величиной 30 дБ, при работах на потенциале провода требования к этому показателю возросло до 60 дБ.

Обычно ГОСТ 12.4.172 дополняется ГОСТ 12.4.283, который определяет требования к СИЗ в условиях возможного поражения электрическим током наведенного напряжения. Между этими ГОСТами существуют перекрестные ссылки для снижения повторов в нормативных требованиях и методах контроля. В **таблице 2** представлены сравнительные данные, уточнение которых приводит к повышению эффективности современных шунтирующих СИЗ.

Костюмы, предназначенные для работ на потенциале земли (ЭП-1 и ЭП-3), помимо измерения электрического сопротивления, испытываются на обеспечение защиты от наведенного напряжения при силе тока до 3 А. СИЗ ЭП-4(0), предназначенный для выполнения работ под напряжением, испытываются при силе тока до 30 А в течение 60 секунд без внешних деформаций. При этом ток на испытательном металлизированном манекене не должен превышать 6 мА через сопротивление номиналом 1кОм, стоящего в рассечке манекена «рука-рука» или «рука-нога». Кроме испытаний СИЗ на обеспечение защиты от наведенных и контактных токов в новую редакцию ГОСТ 12.4.283 был добавлен метод по оценке защиты СИЗ в условиях возникновения шагового напряжения при аварийных ситуациях. При этом ток на испытательном металлизированном манекене также не должен превышать 6 мА через сопротивление номиналом 1кОм, стоящего в рассечке манекена «нога-нога».

Применение различных вариантов СИЗ, предназначенных для защиты человека от ЭП ПЧ, позволяет также обеспечить защиту электротехнического персонала от поражения электрическим током, в том числе при выполнении работ на контактной сети переменного тока железных дорог и воздушных линиях электропередачи напряжением до 1150 кВ включительно. Повышение требований к СИЗ улучшает защиту персонала как на потенциале земли, так и на потенциале провода, в т. ч. в аварийных ситуациях при возникновении шагового напряжения. ЭП-4(0) может выступать как обязательное единственное СИЗ при работах

под напряжением, также и обязательное дополнительное средство при защите от поражения электрическим током. Защитные комплекты ЭП-1 и ЭП-3 являются средством защиты от ЭП ПЧ. Тем не менее, вне зависимости от обла-

сти применения все защитные комплекты должны обеспечивать комплексную безопасность от рассмотренных выше неблагоприятных факторов производственной среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 12.4.172-2014. Комплект индивидуальный экранирующий для защиты от электрических полей промышленной частоты: Межгосударственный стандарт. М.: Стандартинформ; 2015.
2. ГОСТ 12.4.283-2014. Комплект защитный от поражения электрическим током: Межгосударственный стандарт. М.: Стандартинформ; 2015.
3. IEC 60895-2002. *Live working — Conductive clothing for use at nominal voltage up to 800 kV a.c. and ± 600 kV d.c.* IEC; 2002.
4. Perov S., Belaya O., Konshina T., Tiutiunnik E., Nemeth B., Göcsei G., Faradzhev V. Two test methods comparison for power frequency electric field shielding materials evaluation. In: *Proceedings of the 21st International Symposium on High Voltage Engineering, August 26–30, 2019. Budapest, Hungary; 2019: 138–44. https://doi.org/10.1007/978-3-030-31676-1_14*
5. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. М.: Норматика; 2018.

REFERENCES

1. GOST 12.4.172-2014. *Individual screen set for protection from power frequency fields: Interstate standard.* Moscow: Standardinform; 2015 (in Russian).
2. GOST 12.4.283-2014. *Safety set for protection from electrical shock: Interstate standard.* Moscow: Standardinform; 2015 (in Russian).
3. IEC 60895-2002. *Live working — Conductive clothing for use at nominal voltage up to 800 kV a.c. and ± 600 kV d.c.* IEC; 2002.
4. Perov S., Belaya O., Konshina T., Tiutiunnik E., Nemeth B., Göcsei G., Faradzhev V. Two test methods comparison for power frequency electric field shielding materials evaluation. In: *Proceedings of the 21st International Symposium on High Voltage Engineering, August 26–30, 2019. Budapest, Hungary; 2019: 138–44. https://doi.org/10.1007/978-3-030-31676-1_14*
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).