

DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-9-600-604>

УДК 614.875, 613.646, 613.481

© Коллектив авторов, 2020

Бурмистрова О.В., Перов С.Ю., Коньшина Т.А.

## Сравнительная физиолого-гигиеническая оценка средств индивидуальной защиты различной комплектации от электрических полей промышленной частоты

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

Современные условия труда работников могут характеризоваться наличием вредных факторов рабочей среды, в том числе физических факторов, зачастую комплексно воздействующих на организм человека в течение рабочей смены. Одним из основных вредных факторов рабочей среды для электротехнического персонала является электрическое поле промышленной частоты, для защиты от которого применяются средства индивидуальной защиты (экранирующие комплекты), оказывающие дополнительную термическую нагрузку на организм персонала при проведении работ на открытом воздухе в летний период. Целью работы являлась комплексная оценка средств индивидуальной защиты различных комплектаций и их влияния на тепловое состояние человека в нагревающей среде для выбора оптимальной комплектации.

Объектами исследования являлись экранирующие комплекты, включавшие в качестве экранирующей спецодежды комбинезон, куртку и брюки или куртку и полукомбинезон. При оценке защитных свойств экранирующих комплектов проводилось моделирование наилучших условий работы персонала на потенциале земли при напряженности электрического поля промышленной частоты от 5 до 80 кВ/м и на потенциале провода — от 10 до 100 кВ/м.

В физиолого-гигиенической оценке средств индивидуальной защиты участвовали трое мужчин добровольцев, конституция тела которых была подобрана в соответствии с индивидуальными различиями работников. Добровольцы, одетые в экранирующие комплекты, выполняли физическую работу при температуре воздуха  $34,8 \pm 0,3^\circ\text{C}$ , относительной влажности воздуха  $48,0 \pm 3,0\%$  и подвижности воздуха  $0,15$  м/с. В течение исследования у испытуемых регистрировались: температура кожи на 11 участках поверхности тела, температура внутренней поверхности одежды, частота сердечных сокращений, температура тела в слуховом проходе, баллы тепло- и влажноощущений, после исследования определялись влагопотери. Перед выполнением физической нагрузки и после восстановления у испытуемых измеряли артериальное давление.

Исследования защитных свойств трех комплектаций средств индивидуальной защиты показали, что лучшими защитными характеристиками по сравнению с остальными комплектациями обладают куртка и полукомбинезон, худшими — куртка и брюки. Результаты физиолого-гигиенической оценки экранирующих комплектов показали индивидуальные различия в терморегуляторных реакциях всех добровольцев при эксплуатации различных комплектаций средств индивидуальной защиты. В это же время большие величины накопления тепла в организме, большая частота сердечных сокращений и ее изменение, а также больший балл влажноощущения наблюдались при эксплуатации комбинезона.

В результате исследований оптимальной была выбрана комплектация куртка и полукомбинезон, оказывающая умеренную термическую нагрузку на организм человека и обладающая лучшими защитными характеристиками. С точки зрения наименьшего напряжения реакции терморегуляции может быть рекомендована эксплуатация экранирующего комплекта в составе куртки и брюк.

**Ключевые слова:** электрическое поле промышленной частоты; средства индивидуальной защиты; тепловое состояние человека

**Для цитирования:** Бурмистрова О.В., Перов С.Ю., Коньшина Т.А. Сравнительная физиолого-гигиеническая оценка средств индивидуальной защиты различной комплектации от электрических полей промышленной частоты. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60(9). <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-9-600-604>

**Для корреспонденции:** Перов Сергей Юрьевич, зав. лаб. электромагнитных полей, д-р биол. наук. E-mail: [perov@irioph.ru](mailto:perov@irioph.ru)

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Дата поступления:** 15.06.2020 / **Дата принятия к печати:** 12.08.2020 / **Дата публикации:** 07.10.2020

Olga V. Burmistrova, Sergey Yu. Perov, Tatyana A. Konshina

## Comparative physiological and hygienic assessment of personal protective equipment properties in various configurations from power frequency electric field

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

Modern working conditions of employees can be characterized by the presence of harmful factors of the working environment, including physical factors that often have a complex effect on the human body during the working shift. One of the main harmful factors of the working environment for electrical personnel is the electric field of industrial frequency, which is protected by personal protective equipment (shielding kits), which exerts an additional thermal load on the body of personnel when working outdoors in the summer.

The aim of the study was a comprehensive assessment of personal protective equipment of various configurations and their impact on the thermal state of a person in a heating environment to select the optimal configuration.

The objects of study were screening suits consisted of overalls, jacket and trousers, jacket and semi-overall. For screening suits protective properties test the possible working conditions were simulated power frequency electric field levels from 5 to 80 kV/m (grounding) and 10-100 kV/m (on wire potential).

The physiological and hygienic assessment of personal protective equipment involved 3 male volunteers. Their body constitution was selected according to typical differences of workers. Volunteers dressed in screening suit had physical activity at air temperature  $34.8 \pm 0.3^\circ\text{C}$ , relative humidity  $48.0 \pm 3.0\%$  and air mobility  $0.15$  m/s. Before and during the study parameters were recorded: skin temperature on 11 parts of body surface, clothes temperature, heart rate, body temperature in the ear canal, points of heat and moisture sensation and moisture loss was determined after the study. Before physical activity and after recovery period volunteers were measured blood pressure.

Studies of the protective properties of three sets of personal protective equipment have shown that the best protective characteristics in comparison with the other sets have a jacket and half — overalls, the worst — a jacket and trousers. The results of the physiological and hygienic evaluation of screening kits showed individual differences in the thermoregulatory reactions of all volunteers when using different sets of personal protective equipment. At the same time, large amounts of heat accumulation in the body, a high heart rate and its change, as well as a higher moisture perception score were observed during the operation of the jumpsuit.

As a result of research, the optimal configuration was chosen jacket and half-overalls, which has a moderate thermal load on the human body and has the best protective characteristics. From the point of view of the lowest voltage of thermoregulation reactions, it can be recommended to use a shielding kit as part of jacket and trousers.

**Key words:** power frequency electric field; personal protective equipment; human thermal state

**For citation:** Burmistrova O.V., Perov S.Yu., Konshina T.A. Comparative physiological and hygienic assessment of personal protective equipment properties in various configurations from power frequency electric field. *Med. truda i prom. ekol.* 2020; 60(9).

https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-9-600-604

**For correspondence:** Sergey Yu. Perov, Head of the Laboratory of Electromagnetic Fields, Dr. of Sci. (Biol). E-mail: perov@iriioh.ru

**Funding.** The study had no funding.

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

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

Received: 15.06.2020 / Accepted: 12.08.2020 / Published: 07.10.2020

Современные условия труда работников могут характеризоваться наличием вредных факторов рабочей среды [1], в том числе физических факторов, зачастую комплексно воздействующих на организм человека в течение рабочей смены. Обслуживание и эксплуатация высоковольтного оборудования электросетевых объектов сопровождается присутствием на рабочих местах персонала электрических полей промышленной частоты (ЭП ПЧ), значение напряженности которых в большинстве случаев превышает предельно допустимые уровни (ПДУ).

ПДУ напряженности ЭП ПЧ устанавливаются требованиями [2] и составляют 5 кВ/м для всей рабочей смены, от 5 до 25 кВ/м в зависимости от длительности пребывания в ЭП ПЧ. Если напряженность ЭП ПЧ составляет 25 кВ/м и выше, персоналу запрещается проводить работы без использования средств индивидуальной защиты (СИЗ).

СИЗ должны обеспечивать защиту человека от непосредственного негативного воздействия ЭП ПЧ на организм человека, а также от возможного поражения электрическим током наведенного напряжения. Защитные свойства обеспечиваются использованием электропроводящих материалов или пакета материалов при изготовлении СИЗ.

В настоящее время экранирующие комплекты СИЗ типа ЭП-4(0) [3], чаще всего используемые персоналом при выполнении работ на потенциале земли и при работах на потенциале провода под напряжением, выпускаются в трех различных комплектациях, отличающихся составом входящей в них экранирующей спецодежды (комбинезон, куртка и брюки, куртка и полукомбинезон).

Основной защитной характеристикой данных комплектов СИЗ является коэффициент экранирования [4], выражающий степень снижения интенсивности внешнего ЭП ПЧ средством защиты и определяющийся с помощью лабораторных испытаний [5]. Требования к величине коэффициента экранирования СИЗ, составляют 30 дБ, в то же время требования для комплектов типа ЭП-4(0) составляют 40 дБ [5, 6].

Кроме защитных свойств от основного фактора, комплекты СИЗ должны обладать масло- и водоотталкивающими свойствами, защитой от общих производственных загрязнений и механических воздействий. В связи с этим комплект обычно имеет многослойную структуру ткани.

При выполнении работ с использованием СИЗ в условиях нагревающего микроклимата термическая нагрузка среды на человека определяет его тепловое состояние. Исходя из этого, тепловое состояние фактически можно считать критерием воздействия комплекса факторов различной природы (параметры микроклимата, физическая нагрузка, характеристики используемых СИЗ, время их использования и т.д.), обуславливающих теплообмен организма с окружающей средой. Таким образом, при работах на открытом воздухе в летний период персонал подвергается не только воздействию основного фактора среды (ЭП ПЧ), защиту от которого должны обеспечивать СИЗ, но и термической нагрузке на организм человека [7, 8].

Целью работы являлась комплексная оценка защитных свойств различных комплектаций СИЗ и их влияния на тепловое состояние человека в нагревающей среде для выбора оптимальной комплектации.

Объектами исследования являлись экранирующие комплекты СИЗ от ЭП ПЧ отечественного производителя типа ЭП-4(0) различной комплектации, используемые персоналом в летний период. Комплект № 1 в качестве экранирующей одежды включал комбинезон с капюшоном, комплект № 2 — куртку с капюшоном и брюки, комплект № 3 — куртку с капюшоном и полукомбинезон.

Кроме экранирующей одежды каждый комплект включал:

электропроводящие нагасник, перчатки, обувь, два контактных зажима выравнивания/уравнивания потенциала, экран для лица. При проведении физиолого-гигиенической оценки СИЗ использовались вместе с бельем х/б (фуфайка и кальсоны), носками х/б, каской. Вес комплекта № 1 составлял 4800 г, комплекта № 2 — 5085 г, комплекта № 3 — 5295 г.

Исследуемые комплекты изготовлены из металлизированной огнестойкой ткани T-LSFF/03-Grid (FR visc) ЭФ ВО (основная ткань) и отделочной ткани Термол М-250 МВО огнестойкой. Воздухопроницаемость основной ткани составляла 142–158 дм<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·с, отделочной — 38–45 дм<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·с.

Оценка защитных свойств СИЗ проводилась в лаборатории ФГБНУ «НИИ МТ» на испытательном высоковольтном стенде ЭП ПЧ. Проводилось моделирование наихудших условий работы персонала на потенциале земли при напряженности ЭП ПЧ в рабочей области стенда от 5 до 80 кВ/м и на потенциале провода при напряженности ЭП ПЧ — от 10 до 100 кВ/м. При проведении исследований для имитации тела человека использовался диэлектрический манекен с полостью для размещения измерительных приборов, который располагался горизонтально в рабочей области высоковольтного стенда.

Средствами измерений являлись портативные анализаторы электрических и магнитных полей EFA-300 (Narda, США), ENP-50F с измерителем параметров электромагнитного поля NBM-550 (Narda, США) и мультиметр цифровой APPA 97 (APPA Technology Corporation, Тайвань).

Оценка эффективности СИЗ осуществлялась методом, включенным в новую редакцию [5]. Измерения напряженности ЭП ПЧ проводились внутри диэлектрического манекена в области торса и головы, далее на манекен надевался исследуемый образец СИЗ и измерения проводились в тех же областях внутри манекена. Коэффициент экранирования (КЭ, дБ) образцов для областей торса и головы рассчитывался по формуле (1), затем данные усреднялись для каждого образца:

$$K_{э} = 20 \lg \frac{E_1}{E_2}, \quad (1)$$

где  $E_1$  — результаты измерений уровней напряженности ЭП ПЧ внутри манекена без защитного комплекта, кВ/м;  $E_2$  — результаты измерений уровней напряженности ЭП ПЧ внутри манекена в защитном комплекте, кВ/м.

Физиолого-гигиеническая оценка СИЗ по показателям теплового состояния проводилась при участии трех добровольцев мужчин со сходным возрастом, но с различной конституцией тела. Их возраст составлял от 30 до 38 лет (35,3±4,6 года), масса тела — от 60 до 94 кг (80,3±17,95 кг), рост — от 175 до 181 см (178,67±3,21 см), площадь поверхности тела — 1,73–2,15 м<sup>2</sup> (1,99±0,23 м<sup>2</sup>), индекс массы тела (ИМТ) — 19,59–29,01 (25,05±4,89).

Проведение исследований осуществлялось в микроклиматической камере ФГБНУ «НИИ МТ» при температуре воздуха 34,8±0,3°C, относительной влажности воздуха 48,0±3,0 % и подвижности воздуха 0,15 м/с.

Физиолого-гигиеническая оценка защитных свойств образцов СИЗ проводилась на основе результатов исследований теплового состояния человека, выполняющего физическую работу в нагревающей среде [2, 9]. Всего было выполнено 9 исследований, продолжительность каждого из которых составляла 70 минут. В течение исследования добровольцы первые 40 минут выполняли физическую работу, состоявшую из подъема и спуска со ступеньки высотой 22 см с частотой 10 подъемов и 10 спусков в минуту. В течение последующих 30 минут добровольцы находились в помещении с комфортным микроклиматом при температуре воздуха 22,0±1,0°C в покое в положении «сидя».

Таблица / Table

Динамика некоторых показателей теплового состояния человека, одетого в СИЗ различной комплектации, при выполнении физической работы в нагревающей среде (температура воздуха  $t_{в}=34,8\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ , влажность воздуха  $\varphi=48,0\pm 3,0\%$ , энерготраты  $q_{м}=190\text{Вт}/\text{м}^2$ )  
Dynamics of some indicators of the thermal state of a person dressed in PPE of various configurations when performing physical work in a heating environment (air temperature  $t_{в}=34.8\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ , air humidity  $\varphi=48.0\pm 3.0\%$ , energy consumption  $q_{м}=190\text{Вт}/\text{м}^2$ )

Комплектация		Комбинезон (№1)			Куртка и брюки (№2)			Куртка и полукомбинезон (№3)		
Показатель	t мин.	П.	С.	Ш.	П.	С.	Ш.	П.	С.	Ш.
$\Delta Q_{с}^1$ кДж/кг	10	2,96	2,34	3,24	2,63	2,09	2,39	2,12	1,90	2,12
	20	4,96	3,45	3,89	4,37	3,80	3,49	3,80	3,67	3,50
	30	5,54	4,15	4,24	4,16	4,42	3,76	4,80	4,49	3,91
	40	6,10	4,95	4,34	4,17	5,12	4,03	5,23	5,17	3,96
	40 (среднее)	5,13±0,89			4,44±0,59			4,79±0,72		
$\Delta ЧСС$ уд./мин	10	10,00	30,00	35,00	14,00	23,00	35,00	12,00	20,00	28,00
	20	16,00	34,00	43,00	16,00	28,00	46,00	19,00	28,00	36,00
	30	19,00	41,00	55,00	17,00	27,00	52,00	18,00	25,00	42,00
	40	23,00	44,00	62,00	22,00	34,00	57,00	21,00	29,00	58,00
	40 (среднее)	43,00±9,20			37,70±8,38			36,00±9,18		
Вл. общ. балл	10	1,00	2,26	2,74	1,59	1,60	2,26	1,00	1,26	1,43
	20	2,69	3,34	3,43	2,95	2,45	2,94	1,00	2,45	2,71
	30	3,54	3,30	3,76	3,65	2,62	3,20	2,37	2,62	3,11
	40	3,87	3,47	3,76	3,83	2,76	3,37	3,50	2,62	3,37
	40 (среднее)	3,70±0,21			3,32±0,54			3,16±0,48		

Примечание: <sup>1</sup> накопление тепла в организме человека по отношению к комфортному уровню.  
Note: <sup>1</sup> accumulation of heat in the human body in relation to a comfortable level.

До и в течение исследования у испытуемых регистрировались: температура кожи на 11 участках поверхности тела, температура внутренней поверхности одежды, частота сердечных сокращений (ЧСС), температура тела в слуховом проходе, баллы тепло- и влагоощущений; рассчитывались значения средневзвешенной температуры кожи, средней температуры тела и изменения теплосодержания. Влагопотери определялись по изменению веса обнаженных испытуемых до и после исследований. Перед выполнением физической нагрузки и после периода восстановления (через 70 минут после начала исследования) у испытуемых измеряли артериальное давление (АД).

Статистическая обработка полученных данных осуществлялась с использованием непараметрического критерия Манна-Уитни и параметрического t-критерия Стьюдента, различия считались достоверными при  $p < 0,05$ .

Согласно результатам проведенных исследований защитных свойств трех комплектаций СИЗ коэффициент экранирования комплекта №1 составил  $K_{э} = 98,45 \pm 3,58$  дБ на потенциале земли и  $K_{э} = 105,09 \pm 1,65$  дБ на потенциале провода, комплекта №2 —  $K_{э} = 96,75 \pm 1,87$  дБ на потенциале земли и  $K_{э} = 95,12 \pm 2,46$  дБ на потенциале провода, комплекта №3 —  $K_{э} = 108,46 \pm 3,25$  дБ на потенциале земли и  $K_{э} = 114,77 \pm 4,71$  дБ на потенциале провода.

Были выявлены достоверные различия между коэффициентами экранирования комплектов №2 и №3 как на потенциале земли, так на потенциале провода, а также комплектов №2 и №1 на потенциале провода ( $p < 0,01$ ). Во всех случаях  $K_{э}$  комплекта в составе куртки и брюк был наименьшим по сравнению с остальными комплектациями. При моделировании условий работ на потенциале земли  $K_{э}$  комплекта, включающего куртку и полукомбинезон, был больше, чем  $K_{э}$  комбинезона ( $p < 0,05$ ). Статистически значимых различий между  $K_{э}$  одного образца СИЗ при моделировании работ на потенциале земли и на потенциале провода не наблюдалось.

Результаты физиолого-гигиенической оценки образцов СИЗ по некоторым показателям теплового состояния трех добровольцев (П., С. и Ш.) во время выполнения ими физической работы в условиях нагревающего микроклимата и усредненные

величины этих показателей на 40-й минуте эксперимента представлены в таблице.

Результаты исследований с участием трех испытуемых показали, что различные комплектации СИЗ оказывали разнохарактерное влияние на тепловое состояние человека. Наиболее выраженные изменения показателей теплового состояния наблюдались при использовании комплекта №1, сопровождавшимся большими величинами накопления тепла в организме ( $5,13 \pm 0,89$  кДж/кг), большей ЧСС ( $114,33 \pm 18,56$  уд./мин) и  $\Delta ЧСС$  ( $5,13 \pm 0,89$  уд./мин), а также большим баллом влагоощущений ( $3,70 \pm 0,21$ ). В случае использования комплекта №2 у испытуемых наблюдалось меньшее накопление тепла в организме ( $4,44 \pm 0,59$  кДж/кг), по сравнению с комплектом №1 и комплектом №3 ( $4,79 \pm 0,72$  кДж/кг).

Показатели средневзвешенной температуры кожи и температуры внутренней поверхности одежды незначительно отличались при испытаниях трех комплектов при данном уровне термической нагрузки. Различия выявлялись

в температуре тела, измеренной в слуховом проходе, которая составила к 40-й минуте выполнения физической нагрузки при использовании комплектов №1 наибольшее значение —  $37,47 \pm 0,31^{\circ}\text{C}$ , чем при использовании комплектов №2 —  $37,20 \pm 0,17^{\circ}\text{C}$  и №3 —  $37,27 \pm 0,23^{\circ}\text{C}$ . Во время использования всех трех комплектов теплоощущения оценивались баллом 7 к 30-й минуте физической нагрузки.

Результаты исследований также показали различия в значениях некоторых показателей терморегуляторных реакций у трех добровольцев, участвующих в испытаниях, а именно, в значениях ЧСС (и ее приросте), общих влагопотерях и приросте температуры тела.

Так, реакции испытуемого П. (астеник, худощавый, ИМТ 19,59) отличались с одной стороны, меньшим приростом ЧСС, меньшими влагопотерями, с другой — большим приростом температуры тела. Испытуемый Ш. (гиперстеник, имеющий избыток массы тела, ИМТ 29,01) реагировал на экзо- и эндотермическую нагрузку большими влагопотерями (до 500 г/ч), большими значениями ЧСС и  $\Delta ЧСС$ , меньшим изменением температуры тела. Испытуемый С. (нормостеник, ИМТ 26,56 — верхняя граница нормы) по своим реакциям был ближе к реакциям испытуемого Ш.

Общие влагопотери трех испытуемых мало отличались при использовании комплектов различного состава, но их номинальные значения имели индивидуальные различия. При использовании комплекта №1 у испытуемого П. влагопотери составляли 300 г/ч, у испытуемых С. и Ш. 400 г/ч и 450 г/ч соответственно. Комплект №2 занимал промежуточную позицию у испытуемого П., влагопотери которого составили 250 г/ч. У испытуемого С. для комплекта №2 результат был аналогичным с комплектом №1 — 400 г/ч, а у испытуемого Ш. были отмечены наибольшие влагопотери при использовании этого комплекта — 500 г/ч. Наименьшие влагопотери наблюдались при эксплуатации комплекта №3 у испытуемых П. — 200 г/ч и С. — 350 г/ч, результаты испытуемого Ш. — 450 г/ч совпали с комплектом №1.

В исследовании проводилось сравнение АД испытуемых, измеренного до начала физической нагрузки и после восстановления. У всех испытуемых наблюдалась одинаковая тенден-

ция к небольшому изменению АД при эксплуатации различных комплектаций СИЗ. У испытуемого П., обладающего преимущественно пониженным АД (артериальное давление систолическое (АДС) — 100,00±0,00 мм рт. ст., артериальное давление диастолическое (АДД) — 69,50±0,29 мм рт. ст.), после физической нагрузки при использовании трех комплектаций СИЗ незначительно повышалось АДС — 104,50±0,35 мм рт. ст. и понижалось АДД — 60,00±4,24 мм рт. ст. Перед началом физической нагрузки у испытуемого С. АДС составляло 130,00±4,11 мм рт. ст. и АДД — 76,00±1,25 мм рт. ст., а после восстановления 127,00±1,70 мм рт. ст. и 73,00±0,94 мм рт. ст. соответственно. У испытуемого Ш., имеющего склонность к повышенному АД (АДС — 136,67±2,60 мм рт. ст., АДД — 84,67±0,98 мм рт. ст.), наблюдалось небольшое понижение АДС — 134,33±3,31 мм рт. ст. и АДД — 80,67±3,07 мм рт. ст.

В результате исследования было определено, что комплектация в виде куртки и полукombineзона обладает лучшими защитными характеристиками при работах на потенциале земли по сравнению с остальными комплектами. Наименьший  $K_3$  наблюдался у комплектации куртка и брюки, комбинезон занимал промежуточное место, однако не было выявлено статистически значимых различий между  $K_3$  комплектаций комбинезона и куртки и брюк. При моделировании условий работы на потенциале провода также наибольший  $K_3$  был у комплекта куртка и полукombineзон, наименьший — у куртки и брюк. При этом все комплектации СИЗ соответствовали требованиям [5] и [6].

Оценка теплового состояния добровольцев, одетых в СИЗ при выполнении физической нагрузки, показала увеличение ЧСС в различной степени у трех испытуемых при выполнении работы в нагревающем микроклимате при использовании всех трех комплектаций, что обуславливается не только фактором термической нагрузки среды, но и конституциональными особенностями [10]. Ввиду больших индивидуальных различий ЧСС, связанных с полом, возрастом, степенью тренированности, адаптацией, конституцией, в качестве показателя теплового состояния в исследовании рассматривалось изменение (приращение) ЧСС по отношению к исходному показателю, зарегистрированному в комфортных условиях в положении «сидя».

При физиолого-гигиенической оценке СИЗ были подобраны добровольцы с учетом индивидуальных особенностей рабо-

тающих. Результаты проведенных исследований выявили индивидуальные различия в терморегуляторных реакциях трех испытуемых при эксплуатации всех комплектаций СИЗ, связанных, по-видимому, с их конституцией и физической подготовкой.

Исследование эффективности СИЗ показало отличия в защитных свойствах различных комплектаций СИЗ при одних и тех же условиях работы, что объясняется их конструкцией. Комплектация в виде куртки и полукombineзона показала наличие лучших защитных свойств по сравнению с остальными, поскольку в области торса человека куртка и полукombineзон образовывали двойной слой электропроводящей ткани. Комбинезон, обладающий «сплошной» конструкцией, показал лучшие результаты по сравнению с комплектацией в виде куртки и брюк, в ходе эксплуатации которых могут возникать «открытые» места, ухудшающие общие экранирующие свойства СИЗ.

Величина балла влагоощущений, являющегося субъективным показателем ощущения увлажнения кожи, была более высокой при эксплуатации комбинезона, а более низкой — куртки и брюк, что свидетельствует о наличии участков с профузным потоотделением при использовании комбинезона. Поскольку регулярное потоотделение может влиять на электропроводящие свойства материалов СИЗ, в ходе эксплуатации комбинезона могут снижаться его защитные характеристики в следствии коррозии отдельных электропроводящих элементов комплекта.

В результате комплексной оценки защитных свойств трех комплектаций СИЗ и их влияния на тепловое состояние человека в нагревающей среде оптимальной была выбрана комплектация куртка и полукombineзон. Данная комплектация имеет наилучшие защитные характеристики, при этом оказывает умеренную термическую нагрузку на организм человека. С точки зрения наименьшего напряжения реакций терморегуляции может быть рекомендована эксплуатация СИЗ в составе куртки и брюк, однако эта комплектация проигрывает остальным в экранирующих свойствах. Поскольку обе комплектации соответствуют требованиям, куртка и брюки, а также куртка и полукombineзон могут быть рекомендованы для использования на открытой территории в летний период года при температуре воздуха 35°C и выше при соответствии требованиям.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Измеров Н.Ф. ред. *Российская энциклопедия по медицине труда*. М.: Медицина; 2005.
2. СанПиН 2.2.4.3359-16. *Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы*. М.: Норматика; 2018.
3. ГОСТ 12.4.283-2014. *Комплект защитный от поражения электрическим током: Межгосударственный стандарт*. М.: Стандартинформ; 2015.
4. Рубцова Н.Б., Перов С.Ю., Чернов И.А. и др. Безопасность персонала электросетевых объектов при применении средств индивидуальной защиты от электрических полей промышленной частоты. *Безопасность в техносфере*. 2018; 7(2): 35–41. [https://doi.org/10.12737/article\\_5c35e0405c1fd0.88671532](https://doi.org/10.12737/article_5c35e0405c1fd0.88671532)
5. ГОСТ 12.4.172-2014. *Комплект индивидуальный экранирующий для защиты от электрических полей промышленной частоты: Межгосударственный стандарт*. М.: Стандартинформ; 2015.
6. ТР ТС 019/2011. *О безопасности средств индивидуальной защиты: Технический регламент Таможенного союза*. М.: Моргкнига; 2018.
7. Чвырев В.Г., Ажаев А.Н., Новожилов Г.Н. *Тепловой стресс*. М.: Медицина; 2000.
8. Измеров Н.Ф., Афанасьева Р.Ф., Прокопенко А.В., Бессонова Н.А., Бурмирова О.В., Лосик Т.К. и др. Научно-методические основы совершенствования гигиенической оценки нагревающего микроклимата на рабочих местах с учетом использования различного вида спецодежды. В кн.: Измеров Н.Ф. ред. *Актуальные проблемы медицины труда: Сборник трудов института*. М.: НИИ МТ; 2012: 47–88.
9. МУК 4.3.1895-04. *Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегревания: Методические указания*. М.: ЦентрМАГ; 2020.
10. ГОСТ Р ИСО 9886-2008. *Эргономика термальной среды. Оценка температурной нагрузки на основе физиологических измерений: Национальный стандарт Российской Федерации*. М.: Изд-во стандартов; 2008.

## REFERENCES

1. Izmerov N.F., eds. *Russian Encyclopedia of Occupational Health*. Moscow: Medicine; 2005 (in Russian).
2. 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).
3. GOST 12.4.283-2014. *Safety set for protection from electrical shock: Interstate standard*. Moscow: Standardinform; 2015 (in Russian).
4. Rubtsova N.B., Perov S.Yu., Chernov I.A., Makarova-Zemlyanskaya E.N. Power supply network facilities' personnel security when applying individual protection equipment against electric fields of industrial frequency. *Safety in technosphere*. 2018; 7(2): 35–41. [https://doi.org/10.12737/article\\_5c35e0405c1fd0.88671532](https://doi.org/10.12737/article_5c35e0405c1fd0.88671532) (in Russian).
5. GOST 12.4.172-2014. *Individual screen set for protection from power frequency fields: Interstate standard*. Moscow: Standardinform; 2015 (in Russian).
6. TR TS 019/2011. *On safety of personal protective equipment: Customs Union Technical Regulations*. Moscow: Morkniga; 2018 (in Russian).
7. Chyryev V.G., Azhayev A.N., Novozhilov G.N. *Heat stress*. Moscow:

- Medicine; 2000 (in Russian).
8. Izmerov N.F., Afanasyeva R.F., Prokopenko L.V., Bessonova N.A., Burmistrova O.V., Losik T.K. et. al. Scientific and methodological foundations for improving the hygienic assessment of the heating microclimate in the workplace, taking into account the use of various types of workwear. In: Izmerov N.F., eds. *Actual problems of occupational medicine: Proceedings of the Institute*. Moscow: NII MT; 2012: 47–88 (in Russian).
  9. MUK 4.3.1895-04. *Assessment of human thermal state in order to justify hygienic requirements for the microclimate of workplaces and measures to prevent cooling and overheating: Methodical instructions*. Moscow: CentrMAG; 2020 (in Russian).
  10. GOST R ISO 9886-2008. *Ergonomics of the thermal environment. Evaluation of thermal strain by physiological measurements: National standard of the Russian Federation*. Moscow: Pub. house of standards; 2008 (in Russian).
-