



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

Оценка средств индивидуальной защиты типа ЭП-4(0) по показателям теплового состояния человека

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

Введение. В статье представлены результаты исследования влияния различных комплекций средств индивидуальной защиты типа ЭП-4(0) (комбинезон, куртка и брюки, куртка и полукомбинезон) для защиты персонала от воздействия электрических полей промышленной частоты и поражения электрическим током на тепловое состояние работающих в нагревающей среде при температуре воздуха 34,8 °С и относительной влажности 48%.

Материалы и методы. В исследованиях участвовали трое мужчин в возрасте 35,3 ± 4,6 года, выполнявшие физическую работу в течение 40 мин и после находившиеся в состоянии покоя 30 мин в помещении с комфортным микроклиматом. Регистрируемые показатели: температура кожи и балл влагоощущений на 11 участках поверхности тела, температура тела в слуховом проходе, частота сердечных сокращений, температура внутренней поверхности одежды, балл теплоощущений, влагопотери, эффективность испарения влаги.

Результаты. При использовании комбинезона наблюдались наиболее высокие величины теплосодержания, балла влагоощущений, изменения частоты сердечных сокращений, приращения температуры тела. Накопление тепла в организме достигало своей предельно допустимой величины раньше всего при эксплуатации комплекта с комбинезоном.

Заключение. Полученные данные показали, что наибольший вклад в формирование термической нагрузки среды вносит использование комплекта, состоящего из комбинезона, наименьший — комплекта, состоящего из куртки и брюк, промежуточное место занимают куртка и полукомбинезон. Комплекты в составе куртки и брюк, куртки и полукомбинезона при конкретных условиях эксплуатации являются наиболее оптимальными и могут быть рекомендованы для использования на открытой территории в летний период года при температуре воздуха 35 °С и выше при соответствии защитным требованиям.

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

Для цитирования: Бурмистрова О.В., Перов С.Ю., Коньшина Т.А. Оценка средств индивидуальной защиты типа ЭП-4(0) по показателям теплового состояния человека. *Гигиена и санитария*. 2021; 100 (3): 229-233. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-3-229-233>

Для корреспонденции: Перов Сергей Юрьевич, доктор биол. наук, вед. науч. сотр. ФГБНУ НИИ МТ им. акад. Н.Ф. Измерова, 105275, Москва. E-mail: perov@iriogh.ru

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

Благодарность. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Участие авторов: Бурмистрова О.В. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, написание текста, редактирование, утверждение окончательного варианта статьи; Перов С.Ю. — концепция и дизайн исследования, редактирование, утверждение окончательного варианта статьи; Коньшина Т.А. — сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание текста, ответственность за целостность всех частей статьи.

Поступила 23.04.2020 / Принята к печати 10.03.2021 / Опубликована 16.04.2021

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

Comparative physiological and hygienic assessment of the personal protective equipment EP-4(0) in the various assembly according to human thermal state indices

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

Introduction. The article presents results of the study of the impact of the personal protective equipment EP-4 (0) in various assembly (overalls, jacket and trousers, jacket and semi-overall) from power frequency electric field and electrical shock on the thermal state of workers in a heating environment at air temperature 34.8 °C and relative humidity 48%.

Materials and methods. The study involved three men aged 35.3 ± 4.6 years. They did the physical exercise for 40 minutes, had comfortable relaxation for 30 minutes after work. Recorded indices included skin temperature and moisture sensation score on 11 parts of the body, body temperature in the ear canal, heart rate, clothes temperature, heat sensation score, moisture loss, moisture evaporation efficiency.

Results. Overalls using had the highest values of heat content, moisture score, heart rate changes, and body temperature increment. Heat content index in the body reached maximum permissible value using overalls earlier than other configurations.

Conclusion. The research data showed overalls have the most significant impact on the human thermal state, jacket and trousers have the least impact, jacket and semi-overall take an intermediate place. The configuration including jacket and trousers, jacket and semi-overall under specific operating conditions is the most optimal. Such PPE assembly can be recommended for use in the open area in the summer season at an air temperature of 35 °C and above, subject to protective requirements.

Keywords: 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 EP-4(0) in the various assembly according to human thermal state indices. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2021; 100 (3): 229-233. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-3-229-233> (In Russ.)

For correspondence: Sergey Yu. Perov, MD, Ph.D., DSci., leading researcher of the Izmerov Institute of Occupational Health, Moscow, 105275, Russian Federation. E-mail: perov@iriogh.ru

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

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Contribution of the authors: Burmistrova O.V. — concept and design of the study, collection and processing of the material, writing text, editing, approval of the final version of the article; Perov S.Yu. — concept and design of the study, editing, approval of the final version of the article; Konshina T.A. — collection and processing of material, statistical processing, writing text, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Received: September 09, 2020 / Accepted: March 10, 2021 / Published: April 16, 2021

Введение

При обслуживании и эксплуатации электросетевых объектов персонал часто находится в зоне воздействия электрических полей промышленной частоты (ЭП ПЧ) с напряжённостью, превышающей предельно допустимые уровни (ПДУ), причём при высоких уровнях ЭП ПЧ возможно дополнительное влияние токов стекания, ёмкостных токов и электрических разрядов. При проведении определённых видов работ возникает опасность поражения персонала электрическим током наведённого напряжения.

В случае невозможности соблюдения иных принципов защиты при работах со снятием напряжения и заземлением на контактной сети переменного тока железных дорог, воздушных линиях электропередачи и работах на проводах под напряжением персонал использует средства индивидуальной защиты (СИЗ) – индивидуальные шунтирующие экранирующие комплекты.

Комплекты СИЗ представляют собой «клетку Фарадея», образующую токопроводящую оболочку вокруг тела человека и состоящую из электрически соединённых между собой элементов электропроводящей одежды и обуви [1, 2]. Основной характеристикой данных комплектов СИЗ является коэффициент экранирования, показывающий степень ослабления средством защиты напряжённости ЭП ПЧ [3, 4]. В настоящее время величина коэффициента экранирования СИЗ по требованиям ТР ТС 019/2011¹ составляет 30 дБ, при этом по требованиям ГОСТ 12.4.172² для комплектов типа ЭП-4(0), на данный момент повсеместно используемых персоналом, – 60 дБ.

При применении СИЗ, обеспечивающих безопасные условия труда с точки зрения основного фактора, возникает проблема ухудшения теплового состояния человека в течение рабочей смены при выполнении работы в нагревающей микроклимате. За счёт наличия электропроводящей ленты, материалов, содержащих электропроводящие нити, а также применения пакетов материалов при изготовлении комплектов СИЗ обладают защитными свойствами, однако при этом обладают худшими воздухопроницаемостью (требуемая ТР ТС 019/2011 величина составляет не менее 30 дм³/м²·с), паропроницаемостью и гигроскопичностью (требуемые СанПиН 2.2.4.3359-16³ величины составляют не менее 40 г/м²·ч и не менее 7% при относительной влажности 65% соответственно).

Усиление защитных экранирующих и шунтирующих свойств СИЗ приводит к увеличению веса комплекта, что при работе в нагревающей среде оказывает дополнительную термическую нагрузку на человека, существенно ухудшая его тепловое состояние. Признаками ухудшения теплового состояния человека являются увеличение температуры «ядра» тела и «оболочки», теплонакопления в организме, частоты сердечных сокращений и влагопотеря [5–12].

Задача оценки и прогнозирования теплового состояния человека в нагревающей среде, как правило, решается путём проведения исследований комплекта СИЗ конкретного назначения и состава.

Целью работы являлось изучение влияния различных комплектаций СИЗ типа ЭП-4(0) на тепловое состояние работающих в нагревающей среде для прогнозирования и разработки регламента работ применительно к конкретным условиям, а также выбора на основании полученных данных наиболее оптимальной комплектации СИЗ.

Материалы и методы

Исследовались 3 комплекта типа ЭП-4(0) «Энерго-Тесла», использующиеся в настоящее время персоналом на практике при выполнении работ в летний период. Комплект № 1

включал экранирующий комбинезон с коэффициентом экранирования $K_{э} = 98,45 \pm 3,58$ дБ на потенциале земли, $K_{э} = 105,09 \pm 1,65$ дБ на потенциале провода, комплект № 2 – экранирующие куртку и брюки с $K_{э} = 96,75 \pm 1,87$ дБ на потенциале земли, $K_{э} = 95,12 \pm 2,46$ дБ на потенциале провода, комплект № 3 – экранирующие куртку и полукомбинезон с $K_{э} = 108,45 \pm 3,25$ дБ на потенциале земли, $K_{э} = 114,77 \pm 4,71$ дБ. Каждый комплект также состоял из электропроводящих нагасника, перчаток и обуви, каски, под комплект надевались бельё х/б (фуфайка, кальсоны) и носки х/б, все комплектации соответствовали требованиям ГОСТ 12.4.283⁴. Вес исследуемых комплектов СИЗ составлял: 4800 г – комплект № 1, 5085 г – комплект № 2, 5295 г – комплект № 3.

Экранирующие комбинезон, куртка, брюки и полукомбинезон были изготовлены из металлизированной огнестойкой ткани T-LSFF/03-Grid (FR visc) ЭФ ВО (основная ткань) и отделочной огнестойкой ткани Термол М-250 МВО. Основная ткань двухслойная: наружный слой – металлизированный, внутренний – хлопчатобумажный. Воздухопроницаемость и гигроскопичность основной ткани составляли 142–158 дм³/м²·с и 9,3% соответственно, воздухопроницаемость отделочной – 38–45 дм³/м²·с.

Физиолого-гигиеническая оценка защитных свойств спецодежды проводилась на основе результатов исследований теплового состояния человека, выполняющего физическую работу в нагревающей среде в соответствии с СанПиН 2.2.4.3359-16, МУК 4.3.1895-04⁵ и [13].

В исследованиях участвовали трое мужчин в возрасте 30–38 лет (35,3 ± 4,6 года), имеющих массу тела 60–94 кг (80,3 ± 17,95 кг), рост 175–181 см (178,67 ± 3,21 см), площадь поверхности тела 1,73–2,15 м² (1,99 ± 0,23 м²), ИМТ 19,59–29,01 (25,05 ± 4,89).

Всего было выполнено 9 испытаний, продолжительность каждого исследования составляла 70 мин. Из них 40 мин испытуемый выполнял физическую работу: подъём и спуск со ступеньки 22 см с частотой 10 подъёмов и 10 спусков в минуту в микроклиматической камере при температуре воздуха 34,8 ± 0,3 °С, его относительной влажности 48 ± 3% и подвижности 0,15 м/с. В течение последующих 30 мин испытуемый находился в покое в положении «сидя» в помещении с комфортным микроклиматом при температуре воздуха 22 ± 1 °С.

До начала исследований у испытуемого регистрировались исходные показатели температуры кожи и балла влагоощущений на 11 участках поверхности тела, температура тела в слуховом проходе, ЧСС, артериальное давление. Определялись масса тела обнажённого испытуемого и вес всех входящих в состав комплекта СИЗ предметов. Во время выполнения физической нагрузки в климатической камере и отдыха в помещении с комфортным микроклиматом у испытуемых каждые 5 мин измерялись в соответствии с МУК 3.4.1895-04 и ГОСТ Р ИСО 9886-2008⁶ величины температуры кожи ($t_{к}$, °С) на 11 участках поверхности тела, температура тела в слуховом проходе ($t_{уш}$, °С), ЧСС (уд./мин), температура внутренней поверхности одежды (в области спинки куртки), по шкалам регистрировались тепло- (1–7 баллов) и влагоощущения (1–4 балла).

Далее по МУК 3.4.1895-04 рассчитывались средневзвешенные значения температуры кожи ($t_{свк}$, °С) и балла влагоощущений (Во, балл), средняя температура тела ($t_{срт}$, °С), теплосодержание в организме ($Q_{тс}$, кДж/кг) и его изменение ($\Delta Q_{тс}$, кДж/кг). Влагопотери определялись путём взвешивания испытуемого без одежды до и после опыта. Эффективность испарения определялась процентным от-

¹ ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты».

² ГОСТ 12.4.172-2019 «Средства индивидуальной защиты от электрических полей промышленной частоты. Комплекты индивидуальные экранирующие».

³ СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах».

⁴ ГОСТ 12.4.283-2019 «Средства индивидуальной защиты от электрических полей промышленной частоты и поражения электрическим током. Комплекты индивидуальные шунтирующие экранирующие».

⁵ МУК 4.3.1895-04 «Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегревания».

⁶ ГОСТ Р ИСО 9886-2008 «Эргономика термальной среды. Оценка температурной нагрузки на основе физиологических измерений».

Original article

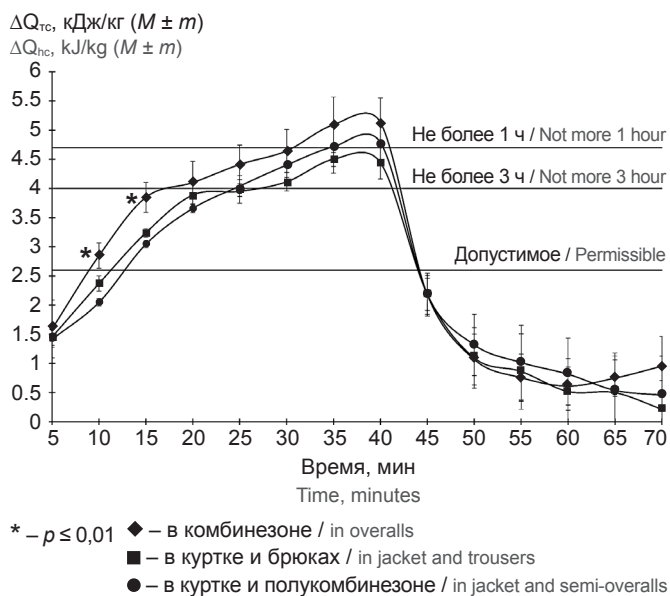


Рис. 1. Динамика накопления тепла в организме у испытуемых в зависимости от комплектации используемых СИЗ.
Fig. 1. The dynamics of heat accumulation in the body in the subjects, depending on the used PPE assembly.

Верхняя граница – предельно допустимое тепловое состояние человека при продолжительности работы всю рабочую смену, не более 3 ч и не более 1 ч за рабочую смену.
 Upper bound – the maximum permissible thermal state of a person for the duration of the entire work shift, not more than 3 hours and not more than 1 hour per work shift.

Рис. 1. Динамика накопления тепла в организме у испытуемых в зависимости от комплектации используемых СИЗ.
Fig. 1. The dynamics of heat accumulation in the body in the subjects, depending on the used PPE assembly.

ношением количества испарившейся влаги к общему количеству выделившейся влаги. При статистической обработке полученных данных использовали непараметрический критерий Манна–Уитни ($p < 0,05$) и компьютерная программа Statistica 6.0.

Результаты

Результаты исследований показали, что на тепловое состояние человека в конкретных условиях разная комплектация СИЗ оказывала различное влияние. Статистически значимые различия ($p \leq 0,01$) между комплектами № 1 и № 3 в величине теплонакопления (рис. 1) по отношению к его комфортному уровню наблюдались на 10-й и 15-й минутах после начала физической работы. Более высокая величина изменения теплосодержания, являющегося интегральным биологическим показателем термической нагрузки среды на человека, при использовании комплекта № 1 по сравнению с комплектами № 2 и № 3 сохранялась в течение 40 мин выполнения физической работы, однако статистической значимости в остальное время выявлено не было. Наиболее выраженные изменения показателей теплового состояния к 40-й минуте наблюдались при использовании комплекта № 1, включавшего комбинезон: величина теплонакопления составляла $5,13 \pm 0,89$ кДж/кг и балл влагоощущений $3,7 \pm 0,21$ (рис. 2) по сравнению с показателями комплектов № 2 ($\Delta Q_{tc} = 4,44 \pm 0,59$ кДж/кг и $Vo = 3,32 \pm 0,54$) и № 3 ($\Delta Q_{tc} = 4,79 \pm 0,72$ кДж/кг и $Vo = 3,162 \pm 0,48$) соответственно.

Данные о динамике ЧСС испытуемых (по отношению к исходному уровню в комфорте и покое) также показали (рис. 3) большее значение к 40-й минуте ДЧСС для комплекта № 1 ($43 \pm 19,52$ уд. в 1 мин), что свидетельствует о большем напряжении механизмов терморегуляции (комплект № 2 – $37,7 \pm 17,79$ уд. в 1 мин; комплект № 3 – $36 \pm 19,47$ уд. в 1 мин).

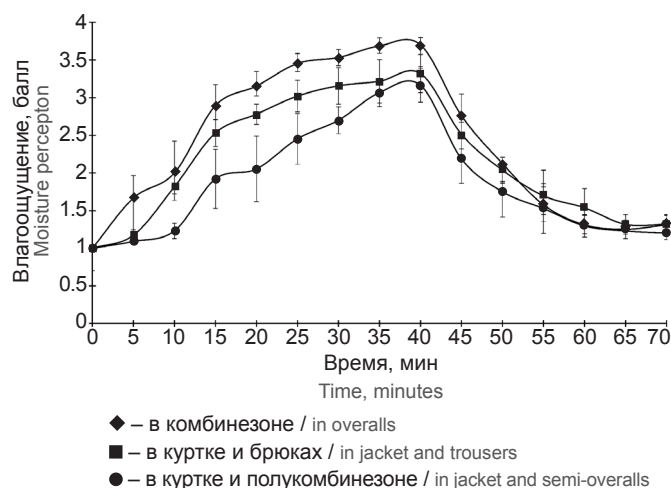


Рис. 2. Динамика средневзвешенного балла влагоощущений у испытуемых в зависимости от комплектации используемых СИЗ.
Fig. 2. The dynamics of the weighted average score of moisture perception in the subjects, depending on the used PPE assembly.

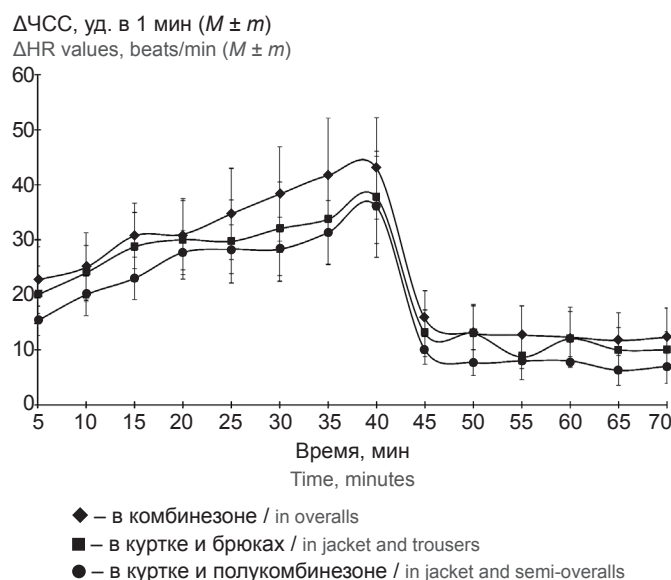


Рис. 3. Динамика частоты сердечных сокращений (по отношению к исходному уровню в комфорте и покое) у испытуемых в зависимости от комплектации используемых СИЗ.
Fig. 3. Dynamics of heart rate (HR) (in relation to the initial level in comfort and relaxation) in subjects, depending on the used PPE assembly.

Показатели средневзвешенной температуры кожи и температуры внутренней поверхности одежды незначительно отличались при испытаниях всех трёх комплектов при данном уровне термической нагрузки. Различия выявлялись в приращении температуры тела по отношению к её исходному уровню, которое составляло к 40-й минуте выполнения физической нагрузки при использовании комплектов № 1 – $0,97$ °С, № 2 – $0,80$ °С и № 3 – $0,84$ °С. Во время использования всех трёх комплектов теплоощущения оценивались баллом 7 к 30-й минуте физической нагрузки. Общие влагопотери трёх испытуемых мало отличались при использовании комплектов различного состава, но их номинальные значения имели индивидуальные различия, что может быть связано с конституцией и физической подготовкой испытуемых.

Время достижения (мин) верхней границы накопления тепла в организме человека в зависимости от комплектации СИЗ
Time to reach the upper limit of heat accumulation in the human body (min) depending on the personal protective equipment (PPE) configuration

№ комплектации СИЗ PPE assembly	Физическая работа ($t_b = 34.8 \pm 0.3 \text{ }^\circ\text{C}$) Physical work			Отдых ($t_b = 22 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$) Relaxation
	Тепловое состояние Thermal state			
	допустимое (2,6 кДж/кг)* permissible (2.6 kJ/kg)*	предельно допустимое на период не более 3 ч работы (4 кДж/кг)* maximum allowable for a period of not more than 3 hours (4 kJ/kg)*	предельно допустимое на период не более 1 ч работы (4,7 кДж/кг)* maximum allowable for a period of not more than 1 hour (4.7 kJ/kg)	допустимое (2,6 кДж/кг)* permissible (2.6 kJ/kg)*
1	10	18	31	5
2	12	25	—	5
3	14	25	35	5

Примечание. * Накопление тепла в организме $\Delta Q_{\text{тс}}$, кДж/кг.

Note. * Heat accumulation in the body $\Delta Q_{\text{тс}}$, kJ/kg.

Обсуждение

Изменения показателей теплового состояния, выражающиеся в большем накоплении тепла, большей ЧСС и более высоком балле влагоощущений, наблюдались при использовании комплекта, состоявшего из комбинезона, что можно объяснить «закрытым» пододёжным пространством комбинезона, вследствие чего отсутствовала вентиляция пододёжного пространства и происходило накопление влаги в комбинезоне и нательном белье.

Поскольку теплоизоляционные свойства СИЗ определяются в том числе подвижностью заключённого в нём воздуха, а следовательно, тепловое состояние человека зависит от комплектации СИЗ, большая теплоизоляция наблюдалась у комплекта, состоявшего из комбинезона, из-за меньшего проникновения наружного воздуха в пододёжное пространство. С этой точки зрения в нашем случае наибольшие теплоизоляционные показатели будут у комплекта СИЗ, в который входит комбинезон, наименьшие – куртка и брюки.

Хотя комплект, включавший комбинезон, обладал меньшей экзотермической нагрузкой на систему терморегуляции из-за низкой массы по сравнению с массой остальных комплектов, ухудшение теплообмена человека при использовании данной комплектации, вероятно, перекрывало это преимущество при конкретных условиях.

Средневзвешенный балл влагоощущений (3,7) на 40-й минуте выполнения работы в комплекте, состоявшем из комбинезона, указывал на наличие участков поверхности тела с профузным потоотделением, что свидетельствует о заметном физиологическом напряжении механизмов терморегуляции, связанном с использованием СИЗ данной комплектации.

Статистически достоверные различия показателей теплового состояния при использовании различной комплектации СИЗ отсутствовали, вероятно, ввиду наличия индивидуальных различий испытуемых, связанных с конституцией и степенью физической подготовки. В связи с этим в дальнейших исследованиях может быть привлечено большее число испытуемых (до 6 человек).

При сравнительной оценке спецодежды в условиях нагревающего микроклимата с целью выбора оптимального варианта в качестве критерия может использоваться допустимая продолжительность работы, регламентируемая по критериальным показателям теплового состояния человека. На основании анализа динамики этих показателей, в част-

ности интегрального показателя ($\Delta Q_{\text{тс}}$, кДж/кг) (см. рис. 1), было определено время (см. таблицу), по истечении которого тепловое состояние человека (по имеющимся критериям МУК 3.4.1895-04) оценивается как допустимое или предельно допустимое (верхняя граница).

Исходя из приведенных в таблице данных, интегральный показатель теплового состояния человека достигал своей предельно допустимой величины (на период не более 3 ч за рабочую смену) раньше всего при эксплуатации комплекта № 1, показатели теплового состояния для всех трёх комплектов достигали допустимого уровня после 5 мин отдыха в комфортном помещении.

Заключение

На основании сравнительной оценки результатов исследования теплового и функционального состояния человека, выполняющего физическую работу в нагревающей среде при температуре воздуха $34,8 \text{ }^\circ\text{C}$ и его относительной влажности 48%, показана значимость комплектации СИЗ типа ЭП-4(0) (куртка и брюки, куртка и полукомбинезон, комбинезон) в формировании термической нагрузки среды.

Полученные результаты сравнительной оценки теплового состояния человека показали, что наибольший вклад в формировании термической нагрузки среды имеет место при использовании комбинезона, наименьший – комплекта СИЗ, включающего куртку и брюки, тогда как СИЗ в комплектации куртка и полукомбинезон занимает промежуточное положение.

Так как с точки зрения защитных свойств комплект в составе куртки и полукомбинезона имеет наилучшие защитные характеристики среди исследуемых образцов, то комплектации куртка и брюки, куртка и полукомбинезон при конкретных условиях эксплуатации являются наиболее оптимальными с позиции наименьшего напряжения реакций терморегуляции. Данные комплектации могут быть рекомендованы для использования на открытой территории в летний период года при температуре воздуха $35 \text{ }^\circ\text{C}$ и выше при соответствии требованиям ТР ТС 019/2011, ГОСТ 12.4.172 и ГОСТ 12.4.283. Так как в куртке и брюках/полукомбинезоне не предусмотрены вентиляционные отверстия, рекомендуется подбирать размер изделий, обеспечивающий свободное прилегание костюма, способствующее перемещению пододёжного воздуха при движении человека.

Литература

(п.п. 1, 2, 4, 9–12 см. References)

3. Рубцова Н.Б., Перов С.Ю., Чернов И.А., Макарова-Землянская Е.Н. 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
5. Кошечев В.С., Кузнец Е.О. *Физиология и гигиена индивидуальной защиты человека в условиях высоких температур*. М.: Медицина; 1986.
6. Измеров Н.Ф., Афанасьева Р.Ф., Прокопенко Л.В., Бессонова Н.А., Бурмистрова О.В., Лосик Т.К. и соавт. 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.; 2012: 47–88.
7. Делль Р.А., Афанасьева Р.Ф., Чубарова З.С. *Гигиена одежды*. М.: Легпромбытиздат; 1991.
8. Прокопенко Л.В., Афанасьева Р.Ф., Бессонова Н.А., Бурмистрова О.В., Лосик Т.К., Антонов А.Г. и соавт. Прогнозирование термического стресса работающих в нагревающей среде при использовании спецодежды для защиты от производственных вредностей. В кн.: Измеров Н.Ф., Бухтиярова И.В., ред. *Актуальные проблемы медицины труда: Сборник трудов института*. М.; 2015: 139–66.
13. Бурмистрова О.В., Лосик Т.К., Шупорин Е.С. Физиолого-гигиеническое обоснование разработки методики оценки спецодежды работающих в нагревающей среде по показателям теплового состояния. *Гигиена труда и промышленная экология*. 2019; 59(12): 1013–9. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-12-1013-1019>

References

1. Göcse G., Berta I.S., Németh B. Safety considerations regarding to the shielding of electric fields during high voltage live-line maintenance. *Acta Technica Jaurinensis*. 2015; 8(2): 153–64. <https://doi.org/10.14513/actatechjaur.v8.n2.368>
2. 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>
3. 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. *Bezopasnost' v tekhnosfere*. 2018; 7(2): 35–41. https://doi.org/10.12737/article_5c35e0405c1fd0.88671532 (in Russian)
4. Perov S.Yu., Belaya O.V., Khrennikova T.A. Experimental and theoretical assessment of power frequency electric field individual protective means. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 2019; 487(1): 012031. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/487/1/012031>
5. Koshcheev V.S., Kuznets E.O. *Physiology and Hygiene of Human Individual Protection at high Temperatures [Fiziologiya i gigiena individual'noy zashchity cheloveka v usloviyakh vysokikh temperatur]*. Moscow: Meditsina; 1986. (in Russian)
6. 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., ed. *Actual Problems of Occupational Medicine: Proceedings of the Institute [Aktual'nye problemy meditsiny truda: Sbornik trudov instituta]*. Moscow; 2012: 47–88. (in Russian)
7. Dell' R.A., Afanas'eva R.F., Chubarova Z.S. *Hygiene of Clothes [Gigiena odezhdy]*. Moscow: Legprombytizdat; 1991. (in Russian)
8. Prokopenko L.V., Afanasyeva R.F., Bessonova N.A., Burmistrova O.V., Losik T.K., Antonov A.G., et al. Prediction of thermal stress working in a heating environment when using protective clothing to protect against industrial hazards. In: Izmerov N.F., Bukhtiyarova I.V., eds. *Actual Problems of Occupational Medicine: Proceedings of the Institute [Aktual'nye problemy meditsiny truda: Sbornik trudov instituta]*. Moscow; 2015: 139–66. (in Russian)
9. Hanson M.A. Development of a draft British standard: the assessment of heat strain for workers wearing personal protective equipment. *Ann. Occup. Hyg.* 1999; 43(5): 309–19.
10. Marszalek A., Konarska M., Smolander J., Soltynski K., Sobolewski A. Radiation protective clothing in hot environment and heat strain in men of different ages. In: *Ergonomics of Protective Clothing: Proceeding of NOKO-BETEF 6 and 1st European Conference on Protective Clothing*. Stockholm; 2000: 38–40.
11. Zhang X.A., Yu S., Xu B., Li M., Peng Z., Wang Y., et al. Dynamic gating of infrared radiation in a textile. *Science*. 2019; 363(6427): 619–23. <https://doi.org/10.1126/science.aau1217>
12. Xiang J., Bi P., Pisaniello D., Hansen A. Health impacts of workplace heat exposure: an epidemiological review. *Ind. Health*. 2014; 52(2): 91–101. <https://doi.org/10.2486/indhealth.2012-0145>
13. Burmistrova O.V., Losik T.K., Shuporin E.S. Physiological and hygienic substantiation of development of a technique of an estimation of overalls for protection working in the heating environment on indicators of a thermal condition. *Gigiena truda i promyshlennaya ekologiya*. 2019; 59(12): 1013–9. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-12-1013-1019> (in Russian)