

EDN: <https://elibrary.ru/tojspl>DOI: <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-2-129-134>

УДК 613.646, 613.481

© Коллектив авторов, 2023

Бурмистрова О.В., Герегей А.М., Сажина М.В., Малахова И.С., Лосик Т.К., Конюхов А.В.

Оценка средств индивидуальной защиты по показателям теплового состояния работающих в нагревающей среде

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

Методика физиолого-гигиенической оценки средств индивидуальной защиты по показателям теплового состояния работающих в нагревающей среде позволяет определить вклад средств индивидуальной защиты в общую термическую нагрузку среды, прогнозировать тепловое состояние и регламентировать режимы труда и отдыха применительно к конкретным условиям эксплуатации. Методика может быть использована для проведения исследований по изучению влияния средств индивидуальной защиты различного назначения, конструкции, комплектации, состава пакета материалов на тепловое состояние работающих в нагревающей среде, в том числе в сравнительном плане.

Ключевые слова: методика; нагревающая среда; средства индивидуальной защиты; показатели теплового состояния; термическая нагрузка; прогнозирование

Для цитирования: Бурмистрова О.В., Герегей А.М., Сажина М.В., Малахова И.С., Лосик Т.К., Конюхов А.В. Оценка средств индивидуальной защиты по показателям теплового состояния работающих в нагревающей среде. *Мед. труда и пром. экол.* 2023; 63(2): 129–134. <https://elibrary.ru/tojspl> <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-2-129-134>

Для корреспонденции: Бурмистрова Ольга Владимировна, вед. науч. сотр. лаб. средств индивидуальной защиты и промышленных экзоскелетов ФГБНУ «НИИ МТ», канд. мед. наук. E-mail: ppe-lab@iriioh.ru

Участие авторов:

Бурмистрова О.В. — концепция, дизайн и организация исследования;

Герегей А.М. — концепция, дизайн и организация исследования;

Сажина М.В. — сбор материала и обработка данных, написание текста;

Малахова И.С. — сбор материала и обработка данных, написание текста;

Лосик Т.К. — написание текста;

Конюхов А.В. — сбор материала и обработка данных, написание текста.

Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Конфликт интересов отсутствует.

Дата поступления: 15.01.2023 / Дата принятия к печати: 02.02.2023 / Дата публикации: 25.02.2023

Olga V. Burmistrova, Andrey M. Geregey, Maria V. Sazhina, Inga S. Malakhova, Tatyana K. Losik, Alexey V. Konyukhov

Assessment of personal protective equipment according to the indicators of the thermal condition of working in a heating environment

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

The method of physiological and hygienic assessment of personal protective equipment according to the indicators of the thermal condition of workers in a heating environment allows us to determine the contribution of personal protective equipment to the overall thermal load of the environment, predict the thermal condition and regulate work and rest modes in relation to specific operating conditions. The methodology can be used to conduct research on the influence of personal protective equipment for various purposes, design, configuration, composition of the package of materials on the thermal condition of those working in a heating environment, including in comparative terms.

Keywords: methodology; heating environment; personal protective equipment; indicators of thermal condition; thermal load; forecasting

For citation: Burmistrova O.V., Geregey A.M., Sazhina M.V., Malakhova I.S., Losik T.K., Konyukhov A.V. Assessment of personal protective equipment according to the indicators of the thermal condition of working in a heating environment. *Med. truda i prom. ekol.* 2023; 63(2): 129–134. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-2-129-134> <https://elibrary.ru/tojspl> (in Russian)

For correspondence: Olga V. Burmistrova, the leading researcher at the laboratory of personal protective equipment and industrial exoskeletons. Izmerov Research Institute of Occupational Health, Cand. Sci. (Med.). E-mail: ppe-lab@iriioh.ru

Information about authors: Burmistrova O.V. <https://orcid.org/0000-0002-8233-4017>

Geregey A.M. <https://orcid.org/0000-0002-7927-2505>

Sazhina M.V. <https://orcid.org/0000-0001-7832-6308>

Malakhova I.S. <https://orcid.org/0000-0002-3215-3517>

Losik T.K. <https://orcid.org/0000-0001-7372-0963>

Konyukhov A.V. <https://orcid.org/0000-0003-0281-6903>

Contribution:

Burmistrova O.V. — concept, design and organization of research;

Geregey A.M. — concept, design and organization of research;

Sazhina M.V. — material collection and data processing, text writing;

Malakhova I.S. — material collection and data processing, text writing;

Losik T.K. — text writing;

Konyukhov A.V. — collecting material and processing data, writing text;

All co-authors — approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Funding. The study had no funding.

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

Received: 15.01.2023 / Accepted: 02.02.2023 / Published: 25.02.2023

В действующих на территории Российской Федерации документах санитарно-эпидемиологического законодательства [1, 2] представлены приоритеты, которыми следует руководствоваться при выборе методов профилактики для снижения негативного воздействия факторов производственной среды и трудового процесса на здоровье работника:

- устранение источника опасного фактора или риска;
- борьба с опасным фактором или риском в источнике;
- снижение уровня опасного фактора или внедрение безопасных систем работы;
- использование средств индивидуальной защиты (СИЗ).

Несмотря на то, что использование СИЗ занимает в этом списке последнюю позицию, на целом ряде производств (в производственных помещениях и, особенно, на рабочих площадках на открытой территории в тёплый период года) обеспечить защиту рабочих от воздействия вредных производственных факторов без применения СИЗ, включающих спецодежду, специальную обувь, рукавицы, головные уборы, СИЗ органов дыхания, не представляется возможным. И, если в производственных помещениях с нагревающим микроклиматом имеется возможность применения средств коллективной защиты (снижение температуры воздуха за счёт использования воздушного душирования, организация перерывов в помещениях с комфортным микроклиматом), то при работах на открытой территории в тёплый период года при использовании работниками СИЗ основными мерами профилактики перегрева с одной стороны является регламентация периодов работы и отдыха и с другой — создание СИЗ, оказывающих незначительное воздействие на теплообмен человека с окружающей средой.

Основные требования, которым должны соответствовать СИЗ, заключаются в защите от воздействия вредных и опасных производственных факторов, в обеспечении безопасного труда, в сохранении допустимого функционального состояния организма человека, его работоспособности и профессионального здоровья, в отсутствии токсического действия на организм человека при их эксплуатации.

Анализ имеющихся в литературе данных [3–13] и результаты проведённых нами ранее исследований [9, 13–19] показали, что использование СИЗ от вредных производственных факторов при работе в нагревающей среде оказывает неблагоприятное влияние на тепловое и функциональное состояние организма человека, его самочувствие и работоспособность. При этом степень перегрева организма зависит как от параметров микроклимата, уровня физической нагрузки, продолжительности их воздействия, так и от вида, конструкции, массы, комплектации СИЗ и теплофизических свойств материалов, используемых для их изготовления (воздухопроницаемость, паропроницаемость, гигроскопичность) [4, 6, 10, 11, 14].

Соответственно, оценка СИЗ только по защитным и гигиеническим свойствам материалов, из которых она изготовлена, является недостаточной, так как не выявляет «физиологическую стоимость» для организма человека использования её в нагревающей среде. Это определяет актуальность разработки методики физиолого-гигиенической оценки СИЗ по показателям теплового состояния ра-

ботающих в нагревающей среде, которая позволяет определить вклад СИЗ в общую термическую нагрузку среды, прогнозировать тепловое состояние и регламентировать режимы труда и отдыха применительно к конкретным условиям эксплуатации СИЗ.

Методика может быть использована:

- для проведения исследований по изучению влияния СИЗ различного назначения, конструкции, комплектации, состава пакета материалов на тепловое состояние работающих в нагревающей среде, в том числе в сравнительном плане;
- для проведения сертификационных испытаний СИЗ для защиты от повышенных температур по показателям температуры внутренних поверхностей одежды и/или температуры подошвенного пространства;
- для изучения топографии тепло- и влагопотерь с поверхности тела человека, одетого в различные виды одежды, в том числе нательного белья;
- для оценки эффективности применения в СИЗ вентиляционных устройств и систем искусственного терморегулирования путём применения различных охлаждающих устройств.

При проведении исследований в качестве контрольных групп могут привлекаться добровольцы, одетые в комплект стандартной спецодежды с теплоизоляцией 0,5–0,8 кло (1 кло = 0,155°С·м²/Вт), изготовленной из материалов, не оказывающих существенное влияние на теплообмен с окружающей средой (например, комплект СИЗ от общих производственных загрязнений) или раздетые добровольцы. Исследования должны быть проведены в соответствии с этическими нормами, а также с подписанием добровольцами информированного согласия об участии в исследовании.

Сущность методики заключается в определении показателей теплового состояния и влагообмена человека, использующего СИЗ в процессе выполнения физической работы в условиях, моделирующих трудовую деятельность в нагревающей среде, например, в микроклиматической камере.

Цель методики — возможность прогнозирования теплового состояния организма человека и установление регламента работ применительно к конкретным условиям. Достоинством данного физиологического метода является то, что он показывает не оценку, основанную на экстраполяции данных с использованием условий работы и её тяжести, а конкретную индивидуальную реакцию организма человека на эти условия.

Методика содержит ссылки на следующие нормативно-методические документы:

- ГОСТ 12.4.176-89 ССБТ «Одежда специальная для защиты от теплового излучения. Требования к защитным свойствам и метод определения теплового состояния человека» [19];
- ГОСТ 12.4.067-79 ССБТ «Метод определения теплосодеждаемости человека в средствах индивидуальной защиты» [20];
- МУК 4.3.1895-04 «Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегрева», утв. МЗ РФ 03.03.2004 г. [21];

- ГОСТ Р ИСО 9886-2008 «Эргономика термальной среды. Оценка температурной нагрузки на основе физиологических измерений» [22];
- ГОСТ Р ИСО 8996-2008 «Эргономика термальной среды. Определение скорости обмена веществ» [23];
- ТР/ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты» [24].

Выбор показателей для оценки теплового состояния определяется целью и программой проведения испытания. Кроме критериальных показателей теплового состояния организма человека (температура «ядра» тела, средневзвешенная температура кожи, средняя температура тела, изменение теплосодержания, увеличение ЧСС, уровень влагопотерь, теплоощущения), оцениваемых в соответствии с МУК 4.3.1895-04 [21], в процессе выполнения исследований могут регистрироваться или рассчитываться дополнительные показатели, отражающие тепло- и влагообмен добровольца с окружающей средой, например, теплоощущения, температура и влажность пододежного пространства.

Регистрируемые показатели теплового состояния при проведении исследований по оценке СИЗ:

- Температура кожи (локальная) (T_{kj} , °C) на 11 участках поверхности тела (лоб, грудь, живот, спина, поясница, плечо, кисть, верхняя и нижняя часть бедра, голень, стопа); или на 8 участках поверхности тела (лоб, правая лопатка, левая верхняя часть грудной клетки, плечо правой руки, предплечье левой руки, кисть правой руки, правая передняя сторона бедра, голень (левая икра)) согласно ГОСТ Р ИСО 9886-2008 [22]; или на 5 участках (лоб, грудь, кисть, бедро, голень) [19].
- Температура тела (T_t): в прямой кишке (ректальная температура) (T_p), под языком ($T_{п/я}$), внутри слухового прохода ($T_{уш}$).
- Частота сердечных сокращений, ЧСС уд./мин.
- Теплоощущения (T_o , балл) по семибалльной шкале от 1 до 7 баллов, где 1 — холодно, 2 — прохладно, 3 — слегка прохладно, 4 — комфорт, 5 — слегка тепло, 6 — тепло, 7 — жарко).
- Влагоощущения (B_o , балл) на 11, 8 или 5 участках тела человека по четырёхбалльной шкале, где 1 — кожа сухая, 2 — кожа слегка влажная, 3 — кожа влажная, 4 — ошутимое потоотделение.
- Масса тела добровольца (в граммах) до и после окончания исследования.
- Масса СИЗ и всех его составляющих (в граммах), до и после окончания исследования.
- Температура пододежного пространства ($T_{п/о}$, °C) и влажность пододежного пространства (f , %) измеряется между поверхностью тела человека и внутренним слоем одежды или при необходимости дополнительно между слоями одежды. *Примечание: При наличии теплового излучения и в исследованиях спецодежды, предназначенной для защиты от теплового излучения, определяют температуру внутренней поверхности её составляющих элементов (например, в области внутренней поверхности спинки или полочек куртки), которые подвергается прямому воздействию теплового излучения* [19].
- Энерготраты (Q , Вт/м²) определяются методом непрямой калориметрии (по измерению потребления кислорода) в период работы и отдыха согласно

ГОСТ Р ИСО 8996-2008 «Эргономика термальной среды. Определение скорости обмена веществ» [23].

По результатам зарегистрированных показателей теплового состояния производится расчёт следующих показателей:

- Средневзвешенная температура кожи ($T_{свк}$, °C) по 11, 8 или 5 точкам рассчитывается по формулам (1), (2), (3), соответственно:

$$T_{свк} = 0,0886 \times T_1 + 0,34 \times (T_2 + T_3 + T_4 + T_5) / 4 + 0,134 \times T_6 + 0,045 \times T_7 + 0,203 \times (T_8 + T_9) / 2 + 0,125 \times T_{10} + 0,0644 \times T_{11} \quad (1)$$

где T_1 – T_{11} — температура кожи в области лба, груди, живота, спины, поясницы, плеча, кисти, верхней части бедра, нижней части бедра, голени, стопы.

$$T_{свк} = 0,07 \times T_1 + 0,175 \times T_2 + 0,175 \times T_3 + 0,07 \times T_4 + 0,07 \times T_5 + 0,05 \times T_6 + 0,19 \times T_7 + 0,2 \times T_8 \quad (2)$$

где T_1 – T_8 — температура кожи в области лба, правой лопатки, левой верхней части грудной клетки, плеча правой руки, предплечья левой руки, кисти правой руки, правой передней стороны бедра, левой икры.

$$T_{свк} = 0,07 \times T_1 + 0,5 \times T_2 + 0,05 \times T_3 + 0,18 \times T_4 + 0,20 \times T_5 \quad (3)$$

где T_1 – T_5 — температура кожи в области лба, груди, кисти, бедра, голени.

- Коэффициент смешивания температуры тела (K) по формуле (4):

$$K = 0,037 \times T_o + 0,519 \quad (4)$$

где T_o — балл теплоощущений.

- Средняя температура тела, ($T_{ст}$, °C), по формуле (5):

$$T_{ст} = K \times T_t + (1 - K) \times T_{свк} \quad (5)$$

- Теплосодержание в организме ($Q_{тс}$, кДж/кг) по формуле (6), а изменение теплосодержания по отношению к исходному значению, определённое в состоянии относительного покоя в положении «сидя» в комфортных условиях до начала исследований ($\Delta Q_{тс}$, кДж/кг) — по формуле (7):

$$Q_{тс} = C \times T_{ст} \quad (6)$$

$$\Delta Q_{тс} = C \times \Delta T_{ст} \quad (7)$$

где C — теплоёмкость тканей организма, равная 3,48 кДж/кг.°C,

$\Delta T_{ст}$ — разница между двумя измерениями $T_{ст}$, °C

- Средневзвешенный балл влагоощущений по формуле (1).
- Изменение (прирост) частоты сердечных сокращений (Δ ЧСС, уд/мин) в процессе исследований вычисляется по отношению к исходному значению, определённому в состоянии относительного покоя

в положении «сидя» в комфортных условиях до начала исследований.

- Влагопотери (ΔP , г/ч) — по разнице массы тела раздетого добровольца до и после окончания исследований.
- Количество задержанной во всех предметах СИЗ влаги определяется по разнице веса предметов СИЗ после и до окончания исследований (в граммах).
- Количество испарившейся влаги определяется по разнице влагопотери и количества влаги, задержанной во всех предметах СИЗ (в граммах).
- Эффективность испарения влаги (ЭИВ, %) определяется процентным отношением количества испарившейся влаги к общему количеству выделившейся влаги (влагопотери).
- Энерготраты (Q , Вт/м²) также могут рассчитываться по значениям ЧСС с учётом средней температуры тела по формуле (8):

$$Q = (40,72 \times T_{\text{ст}} - 0,569 \times T_{\text{ст}} - 725,0) \times \text{ЧСС} + (48,10 - T_{\text{ст}}^2 - 3460 \times T_{\text{ст}}) + 62057 \quad (7)$$

Выбор добровольцев для участия в исследованиях проводится с учётом следующих требований:

1. К участию в исследованиях допускаются лица, не имеющие медицинских противопоказаний к выполнению работ, для которых предназначен комплект СИЗ.

2. В исследованиях должны участвовать практически здоровые лица в возрасте от 18 до 50 лет, подписавшие информированное согласие об участии в исследовании [21].

3. К участию в исследованиях следует привлекать лиц, имеющих средние для популяции физические и антропометрические данные, а также лиц, имеющих физические данные* выше и ниже средних, если одежда предназначена для специального контингента работающих [21].

Примечание: * — определяются соотношением веса и поверхности тела, величина которого коррелирует с толщиной жировой прослойки, влияющей на терморегуляторные реакции организма [21].

4. Не допускаются лица, принявшие в день исследования или накануне алкоголь (в любом виде), а также лица, не спавшие или плохо спавшие накануне.

Порядок проведения подготовительного этапа исследований заключается в следующем:

1. Перед использованием в исследованиях комплект СИЗ должен быть выдержан в помещении с комфортным микроклиматом (при температуре воздуха 20–23°C и его относительной влажности 30–60%) не менее суток. Размер всех предметов, входящих в комплект СИЗ, должен соответствовать размерам добровольца с учётом свободного облегания защитной спецодежды.

2. Доброволец, одетый в комнатную одежду, на протяжении не менее чем 20-ти минут находится в положении «сидя» в помещении, в котором поддерживается температура воздуха $23 \pm 1^\circ\text{C}$, относительная влажность 30–60% и скоростью движения воздуха $\leq 0,1$ м/с.

3. По истечении указанного в п. 2. времени у добровольца определяют исходные значения ЧСС, $T_{\text{ар}}$ артериального давления (АД), проводят опрос о самочувствии.

4. Доброволец раздевается, и его взвешивают.

5. Взвешивают отдельные предметы комплекта СИЗ (нательное бельё, куртка, брюки или полукомбинезон, обувь, перчатки, головной убор).

6. На поверхности тела добровольца фиксируются датчики для измерения $T_{\text{ск}}$, f , ЧСС при помощи адгезивного материала (скотч, пластырь), либо путём нанесения специального клея, не вызывающего раздражения кожи.

7. На добровольца надевают комплект СИЗ и регистрируют исходные значения $T_{\text{к}}$ на 11, 8 или 5 участках поверхности тела человека, $T_{\text{п/о}}$ и f , $T_{\text{о}}$ и $V_{\text{о}}$.

Порядок проведения исследований СИЗ в условиях, моделирующих производственную деятельность в нагревающей среде, представлен ниже.

1. В соответствии с заданной программой исследований в микроклиматической камере создают условия, аналогичные условиям трудовой деятельности работников (параметры микроклимата и характер физической нагрузки), а также размещаются устройства для имитации трудовой деятельности (тредмил, велоэргометр, ступенька для степ-теста).

2. Продолжительность исследования, характер трудовой деятельности, режим выполнения работ определяются задачами исследования*. Продолжительность экспресс-исследований составляет 40 минут.

Примечание: * — При отказе добровольца от участия в исследовании оно должно быть прекращено вне зависимости от вызвавшей отказ причины.

3. Показатели теплового состояния и параметры микроклимата регистрируют каждые 10 минут при продолжительности исследования в течение 1 часа и более, и каждые 5 минут при проведении экспресс-исследования.

Периоды восстановления и перерывов для отдыха проводятся в следующем порядке:

1. В зависимости от заданной программы исследований период восстановления после прекращения физической работы проводят в тех же условиях (в нагревающей среде) или в помещении с комфортным микроклиматом.

2. Продолжительность периода восстановления составляет, в среднем, не менее 30 минут.

3. В течение периода восстановления проводят регистрацию и рассчитывают значения тех же показателей с интервалом в 5 минут, что и при исследованиях, моделирующих производственную деятельность.

4. По истечении восстановительного периода снимают все предметы комплекта СИЗ, взвешивают их, и определяют количество влаги, задержанной в одежде путём сравнения их с исходным весом, зарегистрированным в подготовительном периоде.

5. Снимают датчики с поверхности кожи добровольца. Добровольца взвешивают и на основании полученных данных рассчитывают влагопотери, количество влаги, задержавшейся в одежде, количество испарившейся влаги и эффективность испарения влаги.

6. Измеряют артериальное давление.

Оценка результатов исследования теплового состояния человека проводится в соответствии с МУК 4.3.1895-04 [21] и содержит следующие этапы:

1. Для оценки теплового состояния человека следует использовать комплекс показателей и критериев, приведённых в таблицах (1–4) [21], а также, при необходимости (в соответствии с заданной программой исследований), значения дополнительных показателей ($V_{\text{о}}$, ЭИВ, $T_{\text{п/о}}$ и f , температура внутренней поверхности одежды).

2. Тепловое состояние человека или групп лиц оценивается по средним величинам, которые не менее, чем в 80% случаев не должны выходить за пределы значений, указанных в таблицах 1–4 [21].

3. Тепловое состояние человека считается соответствующим критериям, представленным в таблицах (1–4 [21]) (оптимальное, допустимое, предельно-допустимое для продолжительности не более трёх или одного часа за рабочую смену), если средние значения всех наиболее значимых показателей не выходят за граничные значения соответствующей ему таблицы и удовлетворяют требованиям, установленным в п. 2 [21].

В Методике представлены рекомендуемые средства измерений комплекса параметров микроклимата утверждённого типа, используемые при проведении исследований [25].

Требования к средствам измерений показателей теплового и функционального состояния организма представлены ниже:

1) регистрацию температуры кожи независимо от используемого метода измерения следует выполнять с использованием датчиков с точностью $\pm 0,2^\circ\text{C}$ и шкалой от 25°C до 40°C ;

2) измерение температуры тела выполняют с использованием датчика температуры (обычно используют стеклянный ртутный термометр, резисторный термометр, термопару или термистор) с точностью $0,2^\circ\text{C}$ и диапазоном измерений от 25°C до 45°C ;

3) регистрацию температуры и влажности пододёжного пространства следует выполнять с использованием

датчиков с точностью $\pm 0,5^\circ\text{C}$ и шкалой от 25°C до 40°C для измерений температуры и датчики с погрешностью $\pm 5\%$ для датчиков влажности;

4) регистрацию частоты сердечных сокращений путём подсчёта пульса на уровне радиальной или каротидной артерии; путём непрерывного подсчёта с использованием плетизмографа на пальце руки или на ушной раковине. Предпочтение следует отдавать методам регистрации сигналов электрокардиографии (ЭКГ). Диапазон измерения частоты сердечных сокращений от 30 до 240 уд./мин, погрешность измерения частоты сердечных сокращений ± 1 уд./мин;

5) измерение параметров газообмена лёгких (объём лёгочной вентиляции, потребления кислорода и выделения углекислого газа) с помощью средств измерений с погрешностью измерений объёма лёгочной вентиляции $\pm 2\%$, потребляемого кислорода $\pm 0,1\%$, выделяемого углекислого газа $\pm 0,1\%$;

6) измерение веса добровольца и отдельных предметов в составе СИЗ на весах с точностью шкалы взвешивания, используемой для измерений массы тела не менее ± 50 г в диапазоне от 25 до 100 кг, ± 75 г в диапазоне от 100 до 150 кг и с точностью шкалы взвешивания, используемой для измерений массы предметов СИЗ, не менее $\pm 0,5$ г в диапазоне от 50 до 500 г, $\pm 1,0$ г в диапазоне от 500 до 2000 г, $\pm 0,5$ г в диапазоне от 2000 до 5000 г.

Список литературы (пп. 7, 8, 10 см. References)

- СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда». М.: Центрмг; 2020.
- Р 2.2.1766-03 «Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки». М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России; 2004.
- Афанасьева Р.Ф., Константинов Е.И., Бессонова Н.А. Тепловой стресс. Физиолого-гигиенические аспекты профилактики. Монография. М.: «Издательский дом "Книжник"»; 2012.
- Бурмистрова О.В., Лосик Т.К., Шупорин Е.С. Физиолого-гигиеническое обоснование разработки методики оценки спецодежды работающих в нагревающей среде по показателям теплового состояния. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 59(12): 1013–19. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-12-1013-1019>
- Лосик Т.К., Афанасьева Р.Ф., Константинов Е.И. Физиолого-гигиеническая оценка теплового состояния военнослужащих, выполняющих непрерывную работу в нагревающих условиях. *Мед. труда и пром. экол.* 2015; 55(10): 41–50.
- Кокеткин П.П., Чубарова З.С., Афанасьева Р.Ф. *Промышленное проектирование специальной одежды*. М.: Лёгкая и пищевая промышленность; 1982.
- Конюхов А.В., Герегей А.М., Лемешко В.И. Особенности теплового состояния медицинских работников при использовании средств индивидуальной защиты от биологических факторов. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 11: 801-3. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-11-801-803>
- Райхман С.П., Римская Л.М. Влияние гигиенических свойств спецодежды на тепловое состояние человека в условиях затрудненной теплоотдачи организма. *Гигиена и санитария*. 1984; 5: 16-9.
- Юдин А.Б., Калтыгин М.В., Коновалов Е.А., Власов А.А., Альтов Д.А., Батов В.Е. и др. Оценка функционального состояния организма при эксплуатации защитного многоразового костюма как средства минимизации риска инфицирования медицинского персонала. *Анализ риска здоровью*. 2021; 4: 152–159. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.4.17>
- Измеров Н.Ф., Афанасьева Р.Ф., Прокопенко Л.В., Бессонова Н.А., Бурмистрова О.В., Лосик Т.К. и др. *Научно-методические основы совершенствования гигиенической оценки нагревающего микроклимата на рабочих местах с учетом использования различного вида спецодежды*. Сборник трудов института «Актуальные проблемы медицины труда». М., 2012.
- Прокопенко Л.В., Афанасьева Р.Ф., Бессонова Н.А., Бурмистрова О.В., Лосик Т.К. *Прогнозирование термического стресса работающих в нагревающей среде при использовании спецодежды для защиты от производственных вредностей*. Сборник трудов института «Актуальные проблемы медицины труда». М., 2015.
- 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): 229–33. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-3-229-233>
- 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): 600–604. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-9-600-604>
- Гусарова М.В., Коньшина Т.А. Физиолого-гигиеническая оценка средств индивидуальной защиты от электрических полей промышленной частоты при выполнении работ в летний период. *Техногенные системы и экологический риск: Тезисы докладов IV Международной (XVII Региональной) научной конференции*. Обнинск; 2021: 409–10.
- Бурмистрова О.В., Коньшина Т.А. Физиолого-гигиеническая оценка защитных свойств средств индивидуальной защиты от электрических полей промышленной частоты, изготовленных из различных материалов. *Здоровье и окружающая среда: Материалы международной научно-практической конференции*. Минск; 2021: 129–132.
- ГОСТ 12.4.176-89 «ССБТ. Одежда специальная для защиты от теплового излучения. Требования к защитным свойствам

- и метод определения теплового состояния человека». М.: ИПК Изд-во стандартов; 2004.
20. ГОСТ 12.4.067-79 «ССБТ. Метод определения теплосодержания человека в средствах индивидуальной защиты». М.: ИПК Издательство стандартов; 2001.
 21. 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.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России; 2004.
 22. ГОСТ Р ИСО 9886-2008 «Эргономика термальной среды. Оценка температурной нагрузки на основе физиологических измерений». М.: Стандартинформ; 2009.
 23. ГОСТ Р ИСО 8996-2008 «Эргономика термальной среды. Определение скорости обмена веществ». М.: Стандартинформ; 2009.
 24. ТР ТС 019/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности средств индивидуальной защиты» (с изменениями на 28 мая 2019 года), утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 9.12.2011 г.
 25. МИ М.ИНТ-01.01-2018 Методика измерений показателей микроклимата для целей специальной оценки условий труда. М.; 2018.
- ### References
1. SP 2.2.3670-20 «Sanitary and epidemiological requirements for work conditions». М.: Centmag; 2020 (in Russian).
 2. R 2.2.1766-03 «Guidelines on occupational risk assessment for workers health. Organizational and methodological aspects, principles and criteria». М.: Federal'nyi tsentr Gossanepidnadzora Minzdrava Rossii; 2004 (in Russian).
 3. Afanasyeva R.F., Konstantinov E.I., Bessonova N.A. Heat stress. Physiological and hygienic aspects of prevention: Monograph. М.: Izdatelskiy dom «Knizhnik»; 2012 (in Russian).
 4. 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. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 59(12): 1013–1019. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-12-1013-1019> (in Russian).
 5. Losik T.K., Afanasyeva R.F., Konstantinov E.I. Physiologic and hygienic evaluation of heat state in military men performing continuous physical work in heating microclimate. *Med. truda i prom. ekol.* 2015; 55(10): 41–50 (in Russian).
 6. Koketkin P.P., Chubarova Z.S., Afanasyeva R.F. *Industrial design of special clothing*. М.: Light and food industry; 1982 (in Russian).
 7. Glitz K.J., Seibel U., Rohde U., Gorges W., Witzki A., Piekarski C. et al. Reducing heat stress under thermal insulation in protective clothing: microclimate cooling by a 'physiological' method. *Ergonomics*. 2015; 58(8): 1461–9. <https://doi.org/10.1080/00140139.2015.1013574>
 8. Parsons K.S. International standards for the Assessment of the Risk of Thermal Strain on clothed Workers in Hot Environments. *Ann. Occup. Hyg.* 1999; 43(5): 297–308.
 9. Konyukhov A.V., Geregei A.M., Lemeshko V.I. Features of the thermal state of medical workers when using personal protective equipment against biological factors. *Med. truda i prom. ekol.* 2020; 11: 801–3. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-11-801-803> (in Russian)
 10. Chan A.P., Song W., Yang Y. Meta-analysis of the effects of microclimate cooling systems on human performance under thermal stressful environments: potential applications to occupational workers. *Journal of Thermal Biology*. 2015; 49–50: 16–32. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2015.01.007>
 11. Raikhman S.P., Rimskaya L.M. Impact of personal protective equipment hygienic parameters in conditions of limited heat transfer of the body. *Gigiena i sanitariya*. 1984; 5: 16–19 (in Russian).
 12. Yudin A.B., Kaltygin M.V., Kononov E.A., et al. Assessing functional state of the body when wearing a reusable protective suit to minimize risks of contagion among medical personnel. *Analiz riska zdorov'yu*. 2021; 4: 152–9. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2021.4.17.eng> (in Russian)
 13. Izmerov N.F., Afanasyeva R.F., Prokopenko L.V., Burmistrova O.V., Losik T.K. et al. *Scientific and methodological bases of improvement of hygienic assessment of heating microclimate at workplaces taking into account the use of various types of overalls*. Proceedings of the Institute «Actual problems of occupational medicine». М.; 2012 (in Russian)
 14. Prokopenko L.V., Afanasyeva R.F., Bessonova N.A., Burmistrova O.V., Losik T.K. et al. *Prediction of thermal stress working in a heating environment when using protective clothing to protect against industrial hazards*. Proceedings of the Institute «Actual problems of occupational medicine». М.; 2015 (in Russian)
 15. Burmistrova O.V., Perov S.Yu., Konshina T.A. Comparative physiological and hygienic assessment of the personal protective equipment EP-4(0) in the various assembly according to human thermal state indices. *Gigiena i sanitariya*. 2021; 100(3): 229–33. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-3-229-233> (in Russian)
 16. 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): 600–4. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-9-600-604> (in Russian)
 17. Gusarova M.V., Konshina T.A. *Physiological and hygienic assessment of personal protective equipment against electric fields of power frequency during work in the summer*. Technogenic systems and ecological risk: Proceedings of IV International (XVII Regional) Scientific Conference. Obninsk; 2021: 409–410 (in Russian)
 18. Burmistrova O.V., Konshina T.A. *Physiological and hygienic assessment of protective parameters of personal protective equipment from power frequency electric fields made from different materials. Health and environment: Proceedings of International scientific conference*. Minsk; 2021: 129–132 (in Russian)
 19. ГОСТ 12.4.176-89 «ССБТ Special clothing for protection against thermal radiation. Requirements for protective properties and a method for determining the thermal state of a person». М.: ИПК Изд. Standartov; 2004 (in Russian)
 20. ГОСТ 12.4.067-79 «Occupational safety standards system. Evaluation of human body heat content when wearing individual protecting means». М.: ИПК Изд. Standartov; 2001 (in Russian)
 21. МУК 4.3.1895-04 «Assessment of the human thermal state in order to substantiate the hygienic requirements for the microclimate of workplaces and the measures for preventing cooling and overheating: Methodical Instruction». М.: Federal'nyi tsentr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii; 2004 (in Russian)
 22. ГОСТ Р ИСО 9886-2008 «Ergonomics of the thermal environment. Evaluation of thermal strain by physiological measurements». М.: Standartinform; 2009 (in Russian)
 23. ГОСТ Р ИСО 8996-2008 «Ergonomics of the thermal environment. Determination of metabolic rate». М.: Standartinform; 2009 (in Russian)
 24. ТР ТС 019/2011 Technical regulations of the Customs Union «On the safety of personal protective equipment», approved by decision of the Custom Unions Commission, est. 09.12.2011 (in Russian)
 25. Method of microclimate parameters evaluation for special assessment of working conditions MI М. INT-01.01-2018. М.; 2018 (in Russian)