

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-2-123-127>

УДК 613.644

© Коллектив авторов, 2020

Лосик Т.К.¹, Иванов И.В.^{2,3}, Зибарев Е.В.¹, Конюхов А.В.¹**Комплексный способ определения энерготрат у работников на производстве**¹ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда им. академика Н.Ф. Измерова», пр-т Буденного, 31, Москва, Россия, 105275;²ФГБУ «Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины» Минобороны России, ул. Лесопарковая, 4, Санкт-Петербург, Россия, 195043;³ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова» Минздрава России, ул. Трубецкая, 8/2, Москва, Россия, 119991

Представлен научно обоснованный способ и методы определения уровня энерготрат, которые удобны для практического применения при массовых физиолого-гигиенических и экспериментальных исследованиях в зависимости от их целей и задач.

Определение величины энерготрат человека рекомендуется осуществлять путем мониторинговых исследований в течение смены с последующим расчетом средневзвешенного значения частоты сердечных сокращений с учетом различных видов выполняемой работы, технологических перерывов и вынужденных простоев. При этом учитывается весь комплекс факторов окружающей среды и трудового процесса, обуславливающих физическую и тепловую нагрузку работающих мужчин и женщин в соответствии с их возрастом и массой тела.

Ключевые слова: энерготраты организма; непрямая калориметрия; частота сердечных сокращений; комплекс факторов трудового процесса; гендерные особенности; возраст; масса тела

Для цитирования: Лосик Т.К., Иванов И.В., Зибарев Е.В., Конюхов А.В. Современные способы определения уровня энерготрат Integrated process у работников на производстве. *Мед. труда и пром. экол.* 2020; 60 (2). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-2-123-127>

Для корреспонденции: Лосик Татьяна Константиновна, вед. науч. сотр. ФГБНУ «НИИ МТ», д-р биол. наук. E-mail: losiktk@yandex.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Tatyana K. Losik¹, Ivan V. Ivanov^{2,3}, Evgeniy V. Zibarev¹, Alexey V. Konyukhov¹**Integrated process of determining the level of energy consumption of workers in the workplace**¹Izmerov Research Institute of Occupational Health, 31, Budennogo Ave., Moscow, Russia, 105275²I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, 8/2, Trubetskaya str., Moscow, Russia, 119991;³State Scientific Research Institute of the Military Medicine, 4, Lesoparkovaya str., St. Petersburg, Russia, 195043

The article presents scientifically based methods and techniques for determining the level of energy consumption, which are most appropriate and convenient for practical use in mass physiological and hygienic and experimental studies, depending on their goals and objectives.

Determination of the amount of human energy consumption should be carried out by monitoring studies during the shift, followed by the calculation of the weighted average heart rate, considering the different types of work performed, technological breaks and downtime. It is necessary to take into account the full range of environmental factors and the work process that contribute to the physical and thermal stress of working men and women in accordance with their age and body weight.

Keywords: energy demands of the body; indirect calorimetry; heart rate; complex factors of the labor process; gender characteristics; age; body weight.

For citation: Losik T.K., Ivanov I.V., Zibarev E.V., Konyukhov A.V. Modern methods of determining the level of energy consumption of workers in the workplace. *Med. truda i prom. ekol.* 2020; 60 (2). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2020-60-2-123-127>

For correspondence: Tatiana K. Losik, leading researcher of Izmerov Research Institute of Occupational Health, Dr. of Sci. (Biol.). E-mail: losiktk@yandex.ru

ORCID: Ivanov I.V. 0000-0001-7729-2724; Zibarev E.V. 0000-0002-5983-3547.

Funding. The study had no funding.

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

Введение. Как известно, энерготраты рассматриваются как реакция организма человека в виде его функционального напряжения на выполнение физической работы и одновременно являются показателем его функционального состояния. Энерготраты определяются расходом энергии организмом на различные виды деятельности за определенный период времени. Они зависят во многом от комплекса факторов трудовой деятельности (интенсивности мышеч-

ной работы, информационной насыщенности труда, степени эмоционального напряжения, используемых средств индивидуальной защиты (СИЗ), конкретных условий труда).

Существующие способы определения уровня энерготрат работающего человека были разработаны без учета различий в физиологических реакциях мужчин и женщин при выполнении физической работы, возраста, массы тела, физического состояния, спецодежды и микроклиматиче-

ских условий. Имеющиеся литературные данные, касающиеся способов определения уровня энерготрат, весьма малочисленны и не всегда обоснованы с физиологических позиций, поэтому являются недостаточными для решения практических задач. В то же время эти сведения требуют систематизации и использования их в качестве физиологической основы при оценке категории тяжести работы, нормирования труда, разработки профилактических мероприятий, в т.ч. рекомендаций по организации режима труда и отдыха, оценке эффективности применяемых СИЗ и, при необходимости, корректировки пищевого рациона.

Цель исследования — обосновать способ определения уровня энерготрат человека с учетом гендерных различий, возраста, массы тела, спецодежды и микроклиматических условий.

Известные способы не прямой калориметрии, дающие возможность вычислить величину энерготрат ($Q_{\text{эт}}$), основаны на количестве потребленного кислорода, его энергетической стоимости и количестве выделенной углекислоты [1–5]. Определение этих показателей осуществляется с помощью различного рода газоанализаторов (Спирилит, Окситест, аппарат Беллау, MetaMax и т. д.). Однако перечисленные способы определения уровня энерготрат являются трудоемкими и требуют длительного времени для проведения исследований, что затруднительно при массовых обследованиях рабочих на производстве. В связи с этим важно определить нетрудоемкие, но достаточно точно отражающие энергетические затраты на выполнение физической работы способы определения уровня энерготрат, которые можно рекомендовать при массовых физиологических обследованиях работников на производстве и в экспериментальных исследованиях.

Одним из приемлемых способов определения уровня энерготрат является метод не прямой калориметрии по величине объема легочной вентиляции с учетом калорического коэффициента воздуха [6]. Объем легочной вентиляции определяется с помощью мешка Дугласа при выдыхании в него воздух в течение трех минут с последующим пропусканием содержимого мешка через газовые часы (рис. 1).

Далее рассчитывается объем легочной вентиляции по формуле:

$$Q_{\text{эт}} = 0,232L/S, \text{ Вт/м}^2, \quad (1)$$

где: S — поверхность тела человека (может быть определена, исходя из соотношения массы и роста с поверхностью тела человека по таблице, приведенной в методических указаниях МУК 4.3.1896–04 утв. МЗ РФ 03.03) [5]; L — объем легочной вентиляции, приведенный к нормаль-



Рис. 1. Устройство для сбора выдыхаемого воздуха при определении объема легочной вентиляции (мешок из воздухонепроницаемого материала, снабженный трубкой с зажимом или вентилем и газовые часы)

Fig. 1. A device for collecting exhaled air when determining the volume of pulmonary ventilation (a bag of airtight material equipped with a tube with a clamp or valve and a gas clock)

ному объему при температуре воздуха 20 °С, $\text{дм}^3/\text{ч}$, атмосферном давлении 760 мм рт. ст. по формуле:

$$V_0 = V_{273} P_{\text{атм.}} / (273 + t_{\text{в}}) 760. \quad (2)$$

Энерготраты можно определить в соответствии с Сан-ПиН 2.2.4. 548–96 [8], где приведена характеристика отдельных категорий работ. При оценке выполнения работниками определенных технологических операций в реальных производственных условиях в соответствии с таблицей 1 определяется категория работ, что также необходимо для нормирования труда, физиолого-гигиенической оценки теплового состояния человека, используемых при работе СИЗ и микроклиматических условий рабочей зоны.

В литературе широко представлены данные, иллюстрирующие зависимость уровня энерготрат от частоты сердечных сокращений (ЧСС) [1–3, 6, 9, 11–13]. Энерготраты и частота пульса реально указывают на тяжесть работы и коррелируют между собой, когда работа выполняется в нормальных климатических условиях. Прямолинейная зависимость, представленная на рисунке 2, позволяет определить уровень энерготрат, исходя из измеренной ЧСС у работников (мужчин) во время выполнения технологических операций [6].

На уровень ЧСС и, соответственно, на расход энергии человеком при выполнении производственных операций оказывает влияние не только физическая нагрузка, но также и тепловое состояние организма, в формировании которого участвуют микроклимат (нагревающий или охлаждающий) и спецодежда (ее масса, конструкция и физико-гигиенические свойства материалов, из которых она изготовлена). Установлено, что выполнение одной и той же работы при различных микроклиматических условиях сопровождается различным уровнем теплового состояния организма, что обуславливает различную частоту сердечных сокращений и, соответственно, различный уровень энерготрат [9]. Измерение ЧСС пальпаторно у человека в производственных условиях или посредством измерителей пульса (в режиме мониторинга в течение рабочей смены) не представляется возможным по причине большого количества наблюдаемых лиц и неизбежного отвлечения работников от выполнения производственных операций. Учитывая эти обстоятельства, в решении задачи — определения энерготрат по частоте пульса — можно выделить несколько научно-обоснованных подходов, которые могут

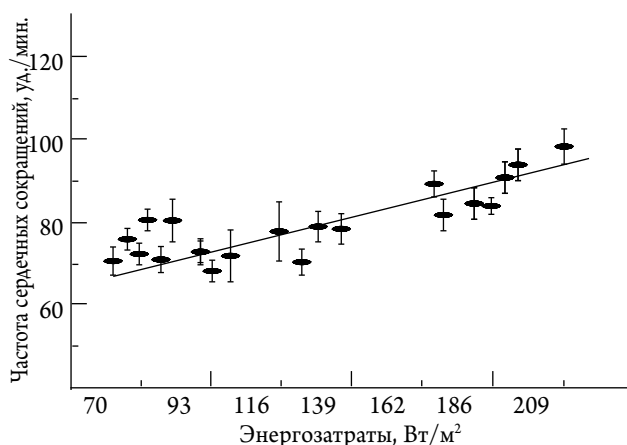


Рис. 2. Взаимосвязь частоты сердечных сокращений и уровня энерготрат

Fig. 2. The relationship between heart rate and energy consumption

Характеристика отдельных категорий работ [8]
Characteristics of certain categories of work [8]

Категория работ	Характеристика энерготрат
Ia	Работы с интенсивностью энерготрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт; 77,2Вт/м ²), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (ряд профессий на предприятиях точного приборо- и машиностроения, на часовом, швейном производствах, в сфере управления и т. п.)
Iб	Работы с интенсивностью энерготрат до 121–150 ккал/ч (140–174 Вт; 77,8– 96,7Вт/м ²), производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (ряд профессий в полиграфической промышленности, на предприятиях связи, контролеры, мастера в различных видах производства и т. п.)
IIa	Работы с интенсивностью энерготрат до 151–200 ккал/ч (175–232 Вт; 97,2–128,9 Вт/м ²), связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения (ряд профессий в механо-сборочных цехах машиностроительных предприятий, в прядильно-ткацком производстве и т. п.)
IIб	Работы с интенсивностью энерготрат до 201–250 ккал/ч (233–290 Вт; 129,4–161,1Вт/м ²), связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением (ряд профессий в механизированных литейных, прокатных, кузнечных, термических, сварочных цехах машиностроительных, и металлургических предприятий и т. п.)
III	Работы с интенсивностью энерготрат более 250 ккал/ч (более 290 Вт; 161,1Вт/м ²), связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей, и требующие больших физических усилий (ряд профессий в кузнечных цехах с ручной ковкой, литейных цехах с ручной формовкой опок машиностроительных и металлургических предприятий т. п.)

быть рекомендованы применительно к исследованиям в производственных условиях, и выбор одного из них зависит от задач и условий исследования.

ЧСС можно определить более точно с поправкой на температуру воздуха в помещении по уравнению 3, которое имеет вид [9]:

$$\text{ЧСС} = 82,440 + 0,4379t_b - 0,0159t_b^2 + 0,000523t_b^3 \quad (3).$$

Поскольку термическая нагрузка среды определяется не только температурой воздуха, но и другими параметрами микроклимата, более корректно определять частоту сердечных сокращений следует во взаимосвязи с интегральным показателем микроклимата, в частности, с индексом тепловой нагрузки среды (ТНС-индексом) [9].

Уравнение регрессии, иллюстрирующее корреляционную связь показателя ЧСС и ТНС-индекса имеет вид:

$$\text{ЧСС} = 1,49218\text{ТНС} + 42,15980 \quad (4).$$

Уровень ЧСС, может изменяться не только при различной активности наблюдаемых лиц в той или иной среде, но и за счет различных средств индивидуальной защиты (СИЗ) [4,5,9,10]. При этом повышение ЧСС будет более выраженным при выполнении более тяжелой работы в различной одежде. Результаты сравнительных исследований функционального состояния человека, одетого в различные комплекты спецодежды, свидетельствуют о том, что эксплуатация костюма из смеси различных волокон (по сравнению с хлопчатобумажным костюмом) сопровождается большим накоплением тепла в организме, большими влагопотерями и большей ЧСС, снижением работоспособности и производительности труда при одинаковых нагрузках — внешней термической и физической. Это указывает на увеличение энергетической «стоимости» работы под влиянием спецодежды [3,9].

Наиболее современный метод оценки ЧСС при выполнении того или иного вида физической работы во взаимосвязи с микроклиматическими условиями и используемой спецодежды предложили исследователи Р.Ф. Афанасьева, В.В. Матюхин, Т.К. Лосик [14]. Это способ прогнозиро-

вания ЧСС человека в производственных условиях путем определения факторов внешней среды и трудового процесса. В качестве этих факторов определяются температура (t_b , °C) и влажность воздуха (f_b , %) рабочей среды, интенсивность теплового излучения (J , Вт/м²), расстояние и скорость передвижения человека (V , м/с), масса переносимого груза (P_r , кг), тип одежды (T_{oa} в зависимости от слоев одежды 0–3), доля поверхности тела человека, не участвующая в процессе влагообмена ($i_{из}$, %), а затем прогнозируется ЧСС человека, работающего в данных условиях по формуле:

$$\text{ЧСС} = 18,85018 + 1,1955t_b + 0,09938f + 1,08106V + 0,00523J + 31,335V_x + 2,2995T_{oa} + 0,48833P_r + 0,04657i_{из} \quad (5),$$

где: ЧСС — частота сердечных сокращений человека (уд/мин), t_b — температура воздуха (°C), f — относительная влажность воздуха, %, V — скорость движения воздуха, м/с, J — интенсивность теплового облучения, Вт/м², V_x — скорость движения человека, м/с, P_r — масса переносимого груза, кг, $i_{из}$ — доля поверхности тела человека, не участвующая в процессе влагообмена, %, T_{oa} = (0–3): $T_{oa}=0$ — для обнаженного человека, $T_{oa}=1$ — при двухслойной хлопчатобумажной одежде, $T_{oa}=2$ при трехслойной хлопчатобумажной одежде, верхний слой которой защищен пропиткой, $T_{oa}=3$ — при одежде с ограниченной паропроницаемостью.

Как видно из формулы 5, для определения более точных значений энерготрат необходимо учитывать микроклиматические условия рабочей среды, тепловое состояние организма работников, массу спецодежды, ее конструкцию, волокнистый состав и физико-гигиенические свойства материалов, из которых она изготовлена. Энерготраты во всех случаях рассчитываются на основании среднесменных значений ЧСС (сменного хронометража — количества часов или минут, потраченных человеком в течение рабочей смены на каждый вид физической нагрузки).

В то же время приведенные выше способы определения уровня энерготрат работающего человека разработаны без учета физиологических особенностей женского и мужского

Таблица 2 / Table 2

Взаимосвязь между уровнем энерготрат (Вт/м²) и частотой сердечных сокращений как функции возраста и массы человека (мужчин и женщин) [12]

The relationship between energy consumption (W/m²) and heart rate (HR) as a function of age and weight (men and women) [12]

Возраст, лет	Уровень энерготрат (Вт/м ²) в зависимости от массы тела, кг				
	50	60	70	80	90
Женщины					
20	2,9×ЧСС–150	3,4×ЧСС–181	3,8×ЧСС–210	4,2×ЧСС–237	4,5×ЧСС–263
30	2,8×ЧСС–143	3,3×ЧСС–173	3,7×ЧСС–201	4,0×ЧСС–228	4,4×ЧСС–254
40	2,7×ЧСС–136	3,1×ЧСС–165	3,5×ЧСС–192	3,9×ЧСС–218	4,3×ЧСС–244
50	2,6×ЧСС–127	3,0×ЧСС–155	3,4×ЧСС–182	3,7×ЧСС–207	4,1×ЧСС–232
Мужчины					
20	3,7×ЧСС–201	4,2×ЧСС–238	4,7×ЧСС–273	5,2×ЧСС–307	5,6×ЧСС–339
30	3,6×ЧСС–197	4,1×ЧСС–233	4,6×ЧСС–268	5,1×ЧСС–301	5,5×ЧСС–333
40	3,5×ЧСС–192	4,0×ЧСС–228	4,5×ЧСС–262	5,0×ЧСС–295	5,4×ЧСС–326
50	3,4×ЧСС–186	4,0×ЧСС–222	4,4×ЧСС–256	4,9×ЧСС–288	5,3×ЧСС–319

организма. Однако женщины обладают меньшим размером тела и меньшей мышечной массой, более «активной» в метаболическом плане, которая составляет в среднем 79% по сравнению с мужчинами. Кроме того, физиологически у женщин скорость метаболических процессов на 35% ниже, чем у мужчин [11], поэтому средний энергетический расход за смену у женщин не должен превышать 4100 кДж, у мужчин — 6650 кДж в оптимальных микроклиматических условиях [7]. В этом плане вносят свои коррективы данные, представленные в ISO/WD 8996, утвержденном и введенном в действие в РФ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 декабря 2008 г. № 484-ст [12]. Энерготраты могут быть определены по величине ЧСС с учетом гендерных различий, как функции возраста и массы тела, что представлено в табл. 2.

Определив ЧСС у наблюдаемых лиц и произведя по таблице 2 расчеты для конкретного случая по оценке расхода энергии работников при выполнении динамической физической работы в производственных условиях, можно достаточно точно определить уровень энерготрат.

Например, женщина в возрасте 40 лет с массой тела 80 кг выполняет рабочие операции со среднесменной частотой пульса 86 уд/мин (с учетом хронометража различных видов выполняемой работы, технологических перерывов и вынужденных простоев в течение смены). Вычисленные согласно таблице 2 энерготраты составляют 117 Вт/м² (86×3,9–218=117 Вт/м²), что соответствует работе средней тяжести, категории Па (табл. 1). Мужчина в таком же возрасте и с такой же массой тела (40 лет и 80 кг) при равнозначном среднесменном пульсе 86 уд/мин выполняет более тяжелую работу, категории Пб с уровнем энерготрат 135 Вт/м² (86×5–295=135 Вт/м²). Эта взаимосвязь ЧСС и уровня энерготрат у мужчин согласуется с зависимостью, представленной на рисунке 2 с учетом доверительных интервалов.

В заключение следует отметить, что опыт изучения многих известных в настоящее время способов определения уровня энерготрат свидетельствует о том, что полученные значения затрат энергии на выполнение одной и той же работы имеют значительные расхождения и не всегда сопоставимы между собой. Кроме того, многие из них не приемлемы в условиях производственных исследований. Так, показатели, полученные методом прямой калориметрии, точные. Но этот метод весьма сложен, громоздок, а главное — не дает возможности измерять энергетические затраты организма при различных видах деятельности че-

ловека и в основном имеет историческое значение. Большая трудоемкость исследования также связана с методом непрямой калориметрии, основанном на количестве потребленного кислорода и выделенного углекислого газа с последующим вычислением теплопродукции. Этот метод недостаточно адекватен при определении расхода энергии у людей с большим разнообразием трудовых операций и процессов различной интенсивности. Многие из представленных в литературе методов непрямой энергетрии не имеют достаточного физиологического обоснования.

Учитывая актуальность определения уровня энерготрат работников в производственных условиях [13–17], представленный комплексный способ имеет важное научно-практическое значение. Он позволяет достаточно точно определить энерготраты человека, не требует сложного технического оснащения и отвлечения работников от выполнения технологических операций. Практическая важность способа заключается в том, что учитывается комплекс факторов окружающей среды и трудового процесса, который участвует в формировании ЧСС и отражается физическая и тепловая нагрузка работающих мужчин и женщин в соответствии с их возрастом и массой тела.

Таким образом, учет гендерных различий работающих лиц, их возраста и массы тела, позволит более корректно определять затраты энергии рабочих в условиях производственного процесса, а следовательно, более точно оценивать тяжесть труда и нормировать его допустимые нагрузки. Это необходимо также для дифференцированной для мужчин и для женщин разработки профилактических мероприятий направленные на сохранение здоровья работников, включающих совершенствование режимов труда и отдыха.

Выводы:

1. При оценке уровня энерготрат по показателю ЧСС организма работающих следует обращать внимание на комплекс факторов окружающей среды и трудового процесса, обуславливающих физическую и тепловую нагрузку работника.

2. Определение величины энерготрат работника по показателю ЧСС необходимо осуществлять путем мониторинговых исследований в течение смены с последующим расчетом средневзвешенного значения ЧСС с учетом различных видов выполняемой работы, технологических перерывов и вынужденных простоев.

3. Учет гендерных различий, возраста и массы тела позволяет более корректно определять затраты энергии у работающих на выполнение производственных операций.

Это необходимо для оценки тяжести труда, микроклиматических условий среды и функционального состояния работников, нормирования допустимых физических нагрузок, разработки профилактических мероприятий, включающих рекомендации по организации режима труда и отдыха и выбор соответствующих СИЗ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ISO 9886 Ergonomics. Determination of metabolic heat production. 2004.
2. BS 7963:2000 Ergonomics of the thermal environment — Guide to the assessment of heat strain for workers wearing personal protective equipment.
3. Hanson M.A new British standard: The assessment of heat strain for workers wearing personal protective equipment. In book: *Ergonomics of Protective Clothing. Proceeding of NOKOBETEF 6 and 1st European Conference on Protective Clothing held in Stockholm*. Sweden; 2000: 159–62.
4. Лавинский Х.Х., Борисевич Я.Н., Бацукова Н.А., Лосицкий Е.А., Чаховский А.И. Энерготраты военнослужащих. *Военная медицина*. 2010; 2: 87–8.
5. Рагузин Е.В., Герегей А.М., Григорьев С.Г., Логаткин С.М. Физическая работоспособность и энерготраты военнослужащих при использовании бронежилета в условиях субмаксимальных нагрузок. *Медико-биологические и социально — психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях*. 2016; 4: 104–8.
6. МУК 4.3.1896–04 утв. МЗ РФ 03.03. Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегрева; 2004.
8. Р 2.2.2006–05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда»;
9. Отчет по теме 9607, подтема 0705 Физиолого-гигиеническое обоснование непрерывной и среднесменной внешней термической нагрузки на организм работающих. Т. 1. М.; 2000.
10. Афанасьева Р.Ф., Константинов Е.И., Бессонова Н.А. Тепловой стресс. Физиолого-гигиенические аспекты профилактики. М.; 2012.
11. Лосик Т.К. Дифференцированный гендерный подход к профилактике переохлаждения. В сб. «Актуальные вопросы организации контроля и надзора за физическими факторами»: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Под. ред. д.м.н., проф. А.Ю. Поповой. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К»; 2017: 235–9.
12. ISO/CD 8996 (ISO/TC 159/SC5 2000-12-15).
13. Пухов В.А., Иванов И.В., Чепур С.В. Оценка функционального состояния организма военных специалистов: научно-практическое руководство. И.Б. Ушаков. Санкт-Петербург: СпецЛит; 2016.
14. Афанасьева Р.Ф., Матюхин В.В., Лосик Т.К. Способ прогнозирования частоты сердечных сокращений человека в производственных условиях. Патент А61B5/0205, № 2001134734; 2004.
15. Бухтияров И.В., Жбанкова О.В., Юшкова О.И., Гусев В.Б. Новые психофизиологические подходы, применяемые при профотборе кандидатов в опасные профессии. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 3: 132–41.
16. Бухтияров И.В., Денисов Э.И., Лагутина Г.Н., Пфаф В.Ф., Чесалин П.В., Степанян И.В. Критерии и алгоритмы установления связи нарушений здоровья с работой. *Мед. труда и пром. экол.* 2018; 8: 4–12.
17. Бурмистрова О.В., Лосик Т.К., Шупорин Е.С. Физиолого-гигиеническое обоснование разработки методики оценки

спецодежды для защиты работающих в нагревающей среде по показателям теплового состояния. *Мед. труда и пром. экол.* 2019; 12: 1013–9.

REFERENCES

1. ISO 9886 Ergonomics. Determination of metabolic heat production; 2004.
2. BS 7963:2000 Ergonomics of the thermal environment — Guide to the assessment of heat strain for workers wearing personal protective equipment.
3. Hanson M.A new British standard: The assessment of heat strain for workers wearing personal protective equipment. In book: *Ergonomics of Protective Clothing. Proceeding of NOKOBETEF 6 and 1st European Conference on Protective Clothing held in Stockholm*. Sweden; 2000: 159–62.
4. Lavinsky Kh. Kh., Borisevich Y.N., Batsukova NL, Lositsky EA, Chakhovsky A.I. Energy expenditures of military personnel. *Voennaya meditsina*. 2010; 2: 87–8.
5. Raguzin E.V., Geregey A.M., Grigoriev S.G., Logatkin S.M. Physical performance and energy expenditure of military personnel when using a bulletproof vest under submaximal loads. *Mediko-biologicheskie i sotsial'no — psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychajnykh situatsiyakh*. 2016; 4: 104–8.
6. MUK 4.3.1896–04 approved. MZ RF 03.03. Evaluation of the human thermal state in order to substantiate the hygienic requirements for the microclimate of workplaces and measures to prevent cooling and overheating; 2004.
8. SanPiN 2.2.4. 548–96 Hygienic requirements for the microclimate of industrial premises. M.; 1996.
9. Report on the topic 9607, subtopic 0705. Physiological and hygienic substantiation of the continuous and medium-shift external thermal load on the body of workers T. 1. M.; 2000.
10. Afanasyeva R.F., Konstantinov E.I., Bessonova N.A. *Heat stress. Physiological and hygienic aspects of prevention*. M.; 2012.
11. Losik T.K. Differential gender approach to the prevention of hypothermia. In «*Sat. Actual questions of the organization of control and supervision of physical factors: Materials of the All-Russian scientific-practical conference*. Pod. ed. MD, prof. A.Yu. Popova. M.: Publishing and Trading Corporation “Dashkov and K”; 2017: 474; 235–9.
12. ISO / CD 8996 (ISO / TC 159 / SC5 2000–12–15).
13. Pukhov V.A., Ivanov I.V., Chepur S.V. *Evaluation of the functional condition of the military specialists: scientific and practical guidance*. St. Petersburg; 2016.
14. Afanaseva R.F., Matyukhin V.V., Losik T.K. A method for predicting the human heart rate in a production environment. Patent A61B5 / 0205, № 2001134734; 2004.
15. Bukhtiyarov I.V., Zhbankova O.V., Yushkova O.I., Gusev V.B. New psychophysiological approaches applied in occupational selection of candidates for dangerous professions. *Med. truda i prom. ekol.* 2019; 3: 132–41 (in Russian).
16. Bukhtiyarov I.V., Denisov E.I., Lagutina G.N., Pfaf V.F., Chesalin P.V., Stepanyan I.V. Criteria and algorithms of workrelatedness assessment of workers health disorders. *Med. truda i prom. ekol.* 2018; 8: 4–12 (in Russian).
17. Burmistrova O.V., Losik T.K., Shuporin E.S. Physiological and hygienic justification for the development of a methodology for evaluating workwear to protect workers in a heating environment in terms of thermal state. *Med. truda i prom. ekol.* 2019 12: 1013–9 (in Russian).

Дата поступления / Received: 15.04.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 05.07.2019

Дата публикации / Published: 14.02.2020