

Читать  
онлайн  
Read  
online

Харитонов В.И.

## Тепловое состояние организма работающих при воздействии экстремальных уровней инфракрасного излучения и профилактика перегревания

ФГБОУ ВО «Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации, 390026, Рязань, Россия

**Введение.** В условиях производственной среды отрицательное влияние на организм человека нагревающего микроклимата вследствие воздействия экстремальных уровней инфракрасного излучения является стрессовым фактором и требует разработки эффективных мер профилактики перегревания.

**Цель исследования** — обоснование комплекса эффективных мер профилактики перегревания в условиях производственного эксперимента при воздействии экстремальных уровней инфракрасного излучения на фоне продолжительной тяжёлой физической работы.

**Материалы и методы.** Изучение теплового состояния организма проведено в соответствии с методическими указаниями МУК 4.3.1895–04 и положениями стандарта ГОСТ Р ИСО 9886–2008 в условиях реального кузнечного производства.

**Результаты.** В современном кузнечно-прессовом производстве к числу наиболее неблагоприятных факторов производственной среды относится интенсивное инфракрасное излучение от разогретого до технологических температур металла, воздействующее суммарно в течение 5–6 ч за смену на фоне высокой температуры от самих нагревательных печей, что приводит к развитию хронического перегревания у работающих. Основные источники теплового излучения — раскалённые до температуры выше 1200 °С металлические поковки различной длины и разнообразной конфигурации профиля, что в значительной степени определяет вариабельность интенсивности излучения потока лучистой энергии. Сформированное тепловое состояние рабочих (кузнецов и нагревательщиков), одетых в стандартную хлопчатобумажную спецодежду, во время выполнения основных рабочих операций в течение первой половины рабочей смены в холодный и тёплый периоды года оценено как предельно допустимое и требующее ограничения времени работы — не более одного часа за рабочую смену.

**Ограничением исследования** является возможность применения полученных результатов к конкретному производству, характеризующемуся многофакторностью воздействия на фоне экстремальных уровней нагревающего микроклимата, определяемых технологическим процессом. Полученные показатели теплового состояния работающих, одетых в стандартную хлопчатобумажную спецодежду, оцениваются как предельно допустимые для отрезка времени не более одного часа за рабочую смену, что обосновывает необходимость поиска новых эффективных средств индивидуальной защиты организма работающих.

**Заключение.** Необходима разработка требований к режиму труда при продолжительной тяжёлой физической работе в условиях экстремального нагревающего микроклимата. Применение современных эффективных средств индивидуальной защиты (СИЗ) является обязательным для снижения негативного воздействия инфракрасного излучения экстремальных уровней.

**Ключевые слова:** нагревающий микроклимат; экстремальные уровни инфракрасного излучения; тепловое состояние организма; хронический перегрев; ограничение времени работы; эффективные СИЗ

**Соблюдение этических стандартов.** Исследование проведено в соответствии с этическими и правовыми стандартами, изложенными в Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (World Medical Association Declaration of Helsinki).

**Согласие пациентов.** Каждый участник исследования (или его законный представитель) дал информированное добровольное письменное согласие на участие в исследовании и публикацию персональной медицинской информации в обезличенной форме в журнале «Гигиена и санитария».

**Для цитирования:** Харитонов В.И. Тепловое состояние организма работающих при воздействии экстремальных уровней инфракрасного излучения и профилактика перегревания. *Гигиена и санитария*. 2023; 102(3): 241–246. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-3-241-246> <https://elibrary.ru/nhxbra>

**Для корреспонденции:** Харитонов Валерий Иосифович, доктор мед. наук, профессор каф. профильных гигиенических дисциплин с курсом гигиены, эпидемиологии и организации госсанэпидслужбы ФДПО, ФГБОУ ВО РязГМУ, 390026, Рязань. E-mail: v.i.haritonov@bk.ru

**Конфликт интересов.** Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

**Финансирование.** Исследование не имело финансовой поддержки.

Поступила: 09.12.2022 / Принята к печати: 24.03.2023 / Опубликовано: 20.04.2023

Valery I. Kharitonov

## Thermal state of the body of workers exposed to extreme levels of infrared radiation and prevention overheating

Ryazan State Medical University named after academician I.P. Pavlov, Ryazan, 390026, Russian Federation

**Introduction.** In an industrial environment, the thermal effect of a heating microclimate on a person through extreme levels of infrared radiation is a stressful factor that has a pronounced negative effect on the formation of the thermal state of the body, which requires the development of effective measures to prevent overheating. **The purpose of the study** is to investigate the peculiarities of the formation of the thermal state of the body in the conditions of a production experiment under exposure to extreme levels of infrared radiation against the background of long-term heavy factory work and the justification of a set of effective measures to prevent overheating.

**Materials and methods.** The study of the thermal state of the body is conducted in the conditions of real blacksmithing production in accordance with the methodological instructions of МУК 4.3.1895–04 and the provisions of the standard GOST R ISO 9886–2008.

**Results.** In modern forging and pressing production, one of the most unfavourable factors of the production environment is the intense thermal radiation from the metal heated to technological temperatures, which affects the total for 5–6 hours per shift against the background of high temperature from the heating furnaces themselves, which leads to the development of chronic overheating in workers. The main sources of thermal radiation include incandescent to a temperature of over

1200 °C with metal forgings of various lengths and various profile configurations, which largely determines the variability in the degree of radiation intensity of the radiant energy flow at the workplaces of blacksmiths and heaters. The formed thermal state of the workers of the studied occupational groups, dressed in standard cotton workwear, during the performance of the main work operations during the first half of the working shift in the cold and warm periods of the year, is estimated as the maximum permissible, requiring a limit of working time — no more than one hour per working shift. It is necessary to develop requirements for the working regime for prolonged heavy physical work in conditions of extreme exposure to a heating microclimate and the mandatory use of modern effective personal protective equipment (PPE) from infrared radiation.

**Limitations.** The limitation of the study is the possibility of using the results obtained directly to a specific production, characterized by multifactorial effects against the background of extreme levels of the heating microclimate, rigidly determined by the technological process. The obtained indicators of the thermal condition of workers dressed in standard cotton workwear are estimated as the maximum permissible for a period of no more than one hour per work shift, which justifies the need to search for new effective personal protective equipment for the body of workers.

**Conclusion.** It is necessary to develop requirements for the working regime during prolonged hard physical work in conditions of extreme exposure to a heating microclimate and the mandatory use of modern effective PPE from infrared radiation of extreme levels.

**Keywords:** heating microclimate; extreme levels of infrared radiation; thermal state of the body; chronic overheating; limited operating time; effective PPE

**Compliance with ethical standards.** The study was conducted in accordance with ethical and legal standards set out in the Helsinki Declaration of the World Medical Association (World Medical Association Declaration of Helsinki).

**Patient consent.** Each participant of the study (or his/her legal representative) gave informed voluntary written consent to participate in the study and publish personal medical information in an impersonal form in the journal "Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)".

**For citation:** Kharitonov V.I. Thermal state of the body of workers exposed to extreme levels of infrared radiation and prevention overheating. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2023; 102(3): 241–246. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2023-102-3-241-246> <https://elibrary.ru/nhxbra> (In Russian)

**For correspondence:** Valery I. Kharitonov, MD, PhD, DSci., Professor of the Department of Specialized Hygienic Disciplines with the course of Hygiene, Epidemiology and organization of the State Sanitary and Epidemiological Service of the Federal Medical Service, Ryazan State Medical University named after academician I.P. Pavlov, Ryazan, 390026, Russian Federation. E-mail: v.i.kharitonov@bk.ru

**Information about the author:** Kharitonov V.I., <https://orcid.org/0000-0002-7098-6130>

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

**Acknowledgement.** The study had no sponsorship.

Received: December 9, 2022 / Accepted: March 24, 2023 / Published: April 20, 2023

## Введение

Работа в условиях нагревающего микроклимата сопровождается значительным напряжением терморегуляторных механизмов, большой функциональной нагрузкой на сердечно-сосудистую и нервную системы организма. Длительное воздействие повышенной температуры и интенсивного инфракрасного излучения в рабочей зоне может приводить к хроническому перегреву. Явление перегревания ещё в 1973 г. было отнесено к экстремальным состояниям (А.Ю. Тилис, 1973), поскольку в этих случаях развиваются нарушения многих функциональных систем и органов, нередко угрожающие жизни человека [1].

Наименование «перегрев: тепловой удар, судорожное состояние» как результат воздействия повышенной температуры и интенсивного теплового излучения на рабочем месте или в рабочей зоне официально впервые было внесено в список профессиональных болезней классификации МКБ ВОЗ IX пересмотра. В настоящее время внимание специалистов направлено на изучение медико-социальной значимости и клинико-биологических последствий воздействия тепловой нагрузки как одного из наиболее выраженных неблагоприятных факторов в ряде производств, нередко сочетающегося с тяжёлым физическим трудом. Изучение характера и степени влияния тепловой нагрузки на организм при совместном воздействии инфракрасного излучения и других факторов производственной среды представляет теоретический и практический интерес для разработки гигиенических норм при многофакторном воздействии как основы эффективной профилактики.

Перегревание можно определить как симптомокомплекс патологических проявлений, связанных с накоплением в теле избыточного тепла и повышением его температуры в трудных для теплообмена условиях, превосходящих физиологические возможности поддержания теплоотдачи на строго адекватном теплопродукции уровне [2]. Развивающийся при этом патологический процесс приводит к существенным изменениям функционального состояния многих систем и органов и нередко ставит организм в условия, несовместимые с жизнью [3, 4]. Поэтому подобные воздействия экстремальных уровней инфракрасного излучения и высокой температуры окружающей (в том числе произ-

водственной) среды необходимо считать чрезвычайным или предельным, значительно выходящим за обычные рамки, то есть экстремальным [5]. Для предупреждения хронического перегревания как одной из значимых нозологических форм профессиональной патологии в качестве неотложных мер необходимы регламентация и внедрение режима труда при продолжительной тяжёлой физической работе в условиях нагревающего микроклимата и разработка для защиты от воздействия экстремальных уровней инфракрасного излучения средств индивидуальной защиты (СИЗ) в виде эффективного комплекта защитной одежды.

## Материалы и методы

Исследования по изучению теплового состояния работающих в кузнечно-прессовом производстве выполнены в холодный (февраль) и тёплый (июнь) периоды года. Проведена оценка характера изменения параметров микроклимата на конкретных рабочих местах в динамике рабочей смены.

Тепловое состояние обследуемых лиц изучалось и оценивалось в соответствии с методическими указаниями МУК 4.3.1895–04 «Оценка теплового состояния человека с целью обоснования гигиенических требований к микроклимату рабочих мест и мерам профилактики охлаждения и перегревания» и положениями стандарта ГОСТ Р ИСО 9886–2008 «Эргономика термальной среды. Оценка температурной нагрузки на основе физиологических измерений».

Исследование проведено в соответствии с этическими и правовыми стандартами, изложенными в Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации (World Medical Association Declaration of Helsinki), получено добровольное информированное согласие всех обследуемых.

В динамике рабочей смены измеряли температуру тела подмышечную, температуру кожи на пяти участках поверхности тела (лоб, грудь, тыл кисти, бедро, голень) с последующим расчётом средневзвешенной температуры кожи (тсвк) по соответствующей формуле, исходя из пятиточечной системы (МУК 4.3.1895–04). Регистрировали частоту сердечных сокращений (ЧСС) во время выполнения основных рабочих операций и в процессе восстановления, измеряли влагопотери взвешиванием на медицинских весах, проводили опрос работающих методом анкетирования о теплоощущениях по

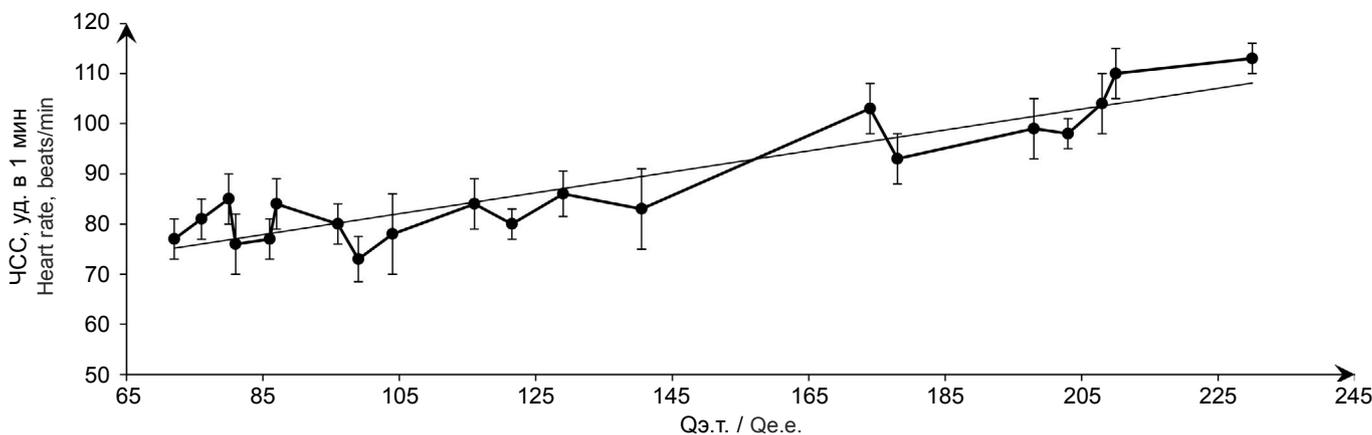


Рис. 1. Взаимосвязь частоты сердечных сокращений (ЧСС, уд. в 1 мин) и уровня энерготрат (Qэ.т.).

Fig. 1. The relationship of heart rate (R, beats/min) and the level of energy expenditures (Qe.e.).

семибалльной системе: холодно – 1, прохладно – 2, слегка прохладно – 3, комфорт – 4, слегка тепло – 5, тепло – 6, жарко – 7. Исследования были проведены на рабочих местах участков лёгких и средних молотов. Трудовой процесс на указанных участках заключается в обработке различных по размеру и весу заготовок, при этом среднесменная физическая нагрузка работающих была примерно одинаковой, так как за рабочую смену более лёгких деталей по количеству обрабатывалось больше, чем крупных.

Тепловое состояние изучено у рабочих основных профессий – кузнецов и нагревальщиков, одетых в обычный стандартный комплект специальной защитной одежды, состоявший из нательного белья, хлопчатобумажной рубашки и хлопчатобумажного костюма (брюки и куртка), специальной обуви с металлическим подноском, суконных рукавиц, каски и щитка для защиты глаз.

## Результаты

В холодный период года температура воздуха в цехе в течение рабочей смены изменялась от 0 °С – плюс 3 °С в начале смены (8 ч 00 мин) до плюс 17–19 °С к моменту её окончания (16 ч 00 мин). Относительная влажность воздуха колебалась в пределах 31–69%. Скорость движения воздуха составляла от 0,5 до 0,6 м/с, а при включенном вентиляторе достигала значений свыше 2,4 м/с. Интенсивность теплового облучения от нагретого металла на рабочем месте кузнеца, при облучении в среднем 50% поверхности тела, составляла от 350 до 1120 Вт/м<sup>2</sup> – в зависимости от размера и профиля деталей, а на рабочем месте нагревальщика – от 1120 до 1470 Вт/м<sup>2</sup>. При этом действующее санитарное законодательство ограничивает интенсивность воздействия на работающих теплового облучения от открытых источников величиной 140 Вт/м<sup>2</sup> при площади облучения не более 25% поверхности тела. По уровню энерготрат работа кузнецов и нагревальщиков в момент выполнения рабочих операций может быть отнесена к тяжёлой. Согласно положениям МУК 4.3.1895–04, увеличению частоты сердечных сокращений на 1 уд<sup>-1</sup> от величины 75 уд<sup>-1</sup> соответствует увеличение энерготрат Qэ.т./с на 4,3 Вт/м<sup>2</sup> от исходного уровня, равного 70 Вт/м<sup>2</sup> (рис. 1).

Вследствие этого величина энерготрат кузнецов во время выполнения рабочих операций (при среднем значении ЧСС  $113,0 \pm 6,49$  уд<sup>-1</sup> и средней поверхности тела 1,8 м<sup>2</sup>) составляет:

$$(113-75) \cdot 4,3 + 70 = 233,4 \text{ Вт/м}^2 \text{ (420 Вт)},$$

а энерготраты нагревальщиков (при ЧСС  $109,0 \pm 7,11$  уд<sup>-1</sup> и средней площади поверхности тела также 1,8 м<sup>2</sup>) составляют:

$$(109-75) \cdot 4,3 + 70 = 216 \text{ Вт/м}^2 \text{ (390 Вт)},$$

то есть энерготраты кузнецов несколько выше.

Тепловое состояние кузнецов, одетых в стандартную хлопчатобумажную спецодежду и выполняющих основные рабочие операции непрерывно в течение 30 мин, изменялось следующим образом: подмышечная температура тела ( $t_{\text{п}}$ ) увеличивалась на 0,03 °С, средневзвешенная температура кожи – на 1,14 °С (табл. 1). Накопление тепла в организме ( $Q_{\text{т.с.}}$ ) составило 1,63 кДж/кг (0,39 ккал/кг).

Свои теплоощущения кузнецы оценивали баллом 7 (жарко). Наблюдалось профузное потоотделение и значительное увлажнение. Сравнительно небольшое накопление тепла в организме (соответствующее допустимому уровню) было вызвано значительным выделением пота и возможностью его испарения (относительно невысокая влажность воздуха и высокая его подвижность). Однако полностью пот не испарялся, а стекал по телу, то есть увлажнённая поверхность тела составляла 100%, что и обуславливало указанный выше балл теплоощущений.

Отражённые на рис. 2 данные показывают, что прирост ЧСС за счёт перегревания организма составлял в данном случае 20 уд<sup>-1</sup> (методика оценки по стандарту ГОСТ Р ИСО 9886–2008). В соответствии с результатами исследований, полученными сотрудниками лаборатории микроклимата НИИ медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова (г. Москва), такое термическое напряжение можно оценить как верхнюю границу допустимого на продолжительность в течение рабочей смены не более одного часа (в нашем случае суммарная продолжительность пребывания на рабочем месте составляла 3 ч).

Тепловое состояние нагревальщиков, одетых в стандартную хлопчатобумажную спецодежду, характеризовалось увеличением подмышечной температуры на 0,15 °С, средневзвешенной температуры кожи на 2,26 °С, накоплением тепла до 2,5 кДж/кг (0,6 ккал/кг), что указывает на большую степень перегревания лиц этой группы, поскольку, несмотря на обильное потоотделение, у них существенно было выше увеличение всех термических показателей теплового состояния (см. табл. 1). Из рис. 2 видно, что увеличение ЧСС за счёт термического воздействия (по разности ЧСС в состоянии покоя и на четвёртой минуте восстановления после выполнения рабочих операций) составляло 32 уд<sup>-1</sup>. Согласно стандарту ИСО 9886–2008, это соответствует предельному значению температуры тела «ядра» (38 °С), то есть данное увеличение ЧСС является предельным. В соответствии с положениями стандарта ГОСТ 12.4.176–89 (СТ СЭВ 6350–88) «Одежда специальная для защиты от теплового излучения» продолжительность пребывания в состоянии данного термического напряжения не должна быть более одного часа за рабочую смену.

Наиболее высокая температура кожи у одетых в стандартную хлопчатобумажную спецодежду кузнецов и нагре-

Таблица 1 / Table 1

Тепловое состояние рабочих, одетых в стандартную хлопчатобумажную спецодежду, при выполнении основных рабочих операций (холодный период года),  $\bar{x} \pm S_n \pm S_n / \sqrt{n}$

Thermal condition of workers dressed in standard cotton clothing when performing basic work operations (cold season),  $\bar{x} \pm S_n \pm S_n / \sqrt{n}$

Показатели теплового состояния Indicators of thermal condition		Профессиональная группа / Occupational group	
		кузнецы / blacksmiths	нагревательщики / heaters
Температура тела подмышечная, Тм, °С Body temperature axillary, Tm, °C	Исходный показатель / The initial indicator	36.25 ± 0.21 ± 0.15	36.25 ± 0.21 ± 0.15
	Во время работы / During operation	36.28 ± 0.14 ± 0.08	36.40 ± 0.5 ± 0.31
Температура кожи, °С: / Skin temperature, °C:			
	лоб forehead	Исходный показатель / The initial indicator	31.25 ± 0.87 ± 0.43
	Во время работы / During operation	29.26 ± 2.38 ± 0.79	28.14 ± 3.11 ± 1.39
грудь, T <sub>к.гр</sub> chest, T <sub>s.ch</sub>	Исходный показатель / The initial indicator	31.08 ± 2.83 ± 1.42	30.55 ± 1.48 ± 1.05
	Во время работы / During operation	32.68 ± 0.67 ± 0.22	33.18 ± 1.54 ± 0.69
спина back	Исходный показатель / The initial indicator	31.70 ± 3.2 ± 1.85	29.50 ± 0.71 ± 0.50
	Во время работы / During operation	30.69 ± 2.20 ± 0.83	33.13 ± 1.38 ± 0.69
кисть, T <sub>кк</sub> wrist, T <sub>sw</sub>	Исходный показатель / The initial indicator	28.15 ± 2.11 ± 1.06	26.15 ± 1.91 ± 1.35
	Во время работы / During operation	31.26 ± 1.25 ± 0.42	30.84 ± 1.07 ± 0.48
голень lower leg	Исходный показатель / The initial indicator	29.28 ± 2.74 ± 1.37	28.00 ± 1.41 ± 1.00
	Во время работы / During operation	31.72 ± 1.38 ± 0.46	29.82 ± 0.82 ± 0.37
стопа, T <sub>к.ст</sub> foot, T <sub>sf</sub>	Исходный показатель / The initial indicator	28.80 ± 1.59 ± 0.92	26.00 ± 0.00 ± 0.00
	Во время работы / During operation	30.98 ± 1.83 ± 0.61	28.98 ± 1.15 ± 0.52
средневзвешенная температура кожи, T <sub>ск</sub> Weighted average skin temperature, T <sub>sk</sub>	Исходный показатель / The initial indicator	30.27 ± 0.82 ± 0.41	28.72 ± 0.69 ± 0.49
	Во время работы / During operation	31.41 ± 1.00 ± 0.33	30.98 ± 0.92 ± 0.41
Частота сердечных сокращений, уд. в 1 мин Heart rate, beats/min	Исходный показатель / The initial indicator	83.00 ± 2.81 ± 1.11	80.00 ± 5.3 ± 2.24
	Во время работы / During operation	113.25 ± 18.37 ± 6.49	109.20 ± 15.91 ± 7.11

вальщиков наблюдалась в области груди, и эти значения составляли соответственно  $32,7 \pm 0,22$  и  $33,2 \pm 0,69$  °С. В отдельных случаях температура кожи в области груди достигала значений 34,0–34,7 °С. Таким образом, тепловое состояние кузнецов и нагревательщиков по истечении одного периода выполнения основных рабочих операций следует оценить как предельно допустимое для отрезка времени, составляющего не более одного часа за рабочую смену. При этом у нагревательщиков в большей степени по сравнению с кузнецами выражено перегревание, что объясняется соответствующими технологическими условиями трудового процесса. Так, на рабочем месте нагревательщиков интенсивность

ИК-облучения достигала 1500 Вт/м<sup>2</sup> непосредственно у нагревательных печей, а на рабочем месте кузнецов – до 1050 Вт/м<sup>2</sup>.

В тёплый период года температура воздуха в цехе изменялась в течение рабочей смены от плюс 20 °С в начале смены до плюс 28 °С к её окончанию. Интенсивность теплового облучения от нагретого металла на рабочем месте кузнецов в зависимости от габаритов заготовок составляла от 300 до 1400 Вт/м<sup>2</sup>, на рабочем месте нагревательщика колебания значений интенсивности облучения составляли от 560 до 1400 Вт/м<sup>2</sup> при площади облучения поверхности тела до 50%. Скорость движения воздуха определялась значениями от 0,5 до 0,6 м/с, а при включённом вентиляторе она достигала величин до 2,4 м/с. Как было сказано выше, работа кузнецов и нагревательщиков по уровню энергозатрат, рассчитанных из значений ЧСС, относится к категории «тяжёлая работа» (табл. 2).

Таблица 2 / Table 2

Частота сердечных сокращений (уд. в 1 мин) в разные периоды рабочей смены у рабочих основных профессий,  $\bar{x} \pm S_n / \sqrt{n}$   
Heart rate in different (beats per 1 min) periods of the working shift for workers of the main occupations,  $\bar{x} \pm S_n / \sqrt{n}$

Профессиональная группа Occupational group	До работы Before work	Во время работы During operation	Время контроля восстановления ЧСС Heart rate recovery time			
			1	2	3	4
Кузнецы Blacksmiths	87.0	123.0	121.0	108.0	97.0	90.0
	3.0	19.3	33.8	23.6	13.9	11.3
	1.4	6.4	12.8	8.9	5.3	4.3
Нагревательщики Heaters	81.0	119.0	123.0	107.0	98.0	91.0
	6.5	18.0	13.9	9.2	6.7	3.5
	3.3	10.4	7.0	4.6	3.3	1.7

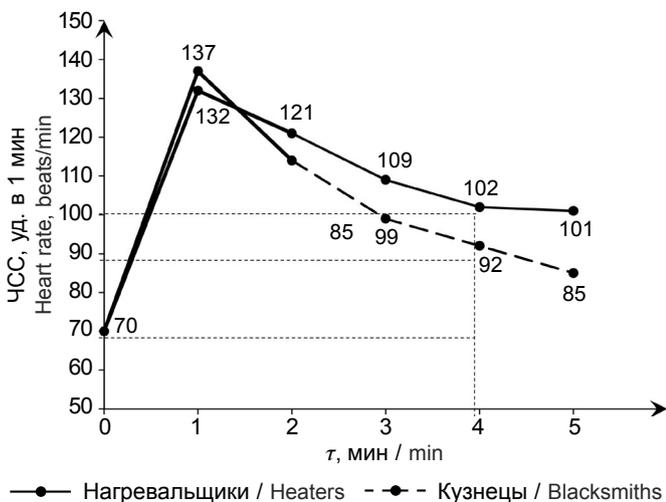


Рис. 2. Динамика восстановления частоты сердечных сокращений (ЧСС) у рабочих, одетых в хлопчатобумажную спецодежду.

Fig. 2. Trend in recovery of heart rate (HR) in workers dressed in cotton overalls.

Таблица 3 / Table 3

Тепловое состояние рабочих, одетых в стандартную хлопчатобумажную спецодежду, при выполнении основных рабочих операций (тёплый период года),  $\bar{x} \pm S_n \pm S_n / \sqrt{n}$

Thermal condition of workers dressed in standard cotton clothing when performing basic work operations (warm season),  $\bar{x} \pm S_n \pm S_n / \sqrt{n}$

Показатели теплового состояния Indicators of thermal condition		Профессиональная группа / Occupational group	
		кузнецы / blacksmiths	нагревательщики / heaters
Температура тела подмышечная, $T_m$ , °C Body temperature axillary, $T_m$ , °C	Исходный показатель / The initial indicator	36.73 ± 0.20 ± 0.10	36.42 ± 0.96 ± 0.47
	Во время работы / During operation	36.88 ± 0.53 ± 0.31	36.76 ± 0.15 ± 0.9
Температура кожи, °C: / Skin temperature, °C:			
лоб forehead	Исходный показатель / The initial indicator	32.78 ± 1.11 ± 0.50	33.43 ± 0.43 ± 0.22
	Во время работы / During operation	31.71 ± 1.56 ± 0.52	30.52 ± 1.05 ± 0.47
грудь, $T_{к.гр}$ chest, $T_{с.ч}$	Исходный показатель / The initial indicator	33.70 ± 0.79 ± 0.35	33.85 ± 0.69 ± 0.34
	Во время работы / During operation	34.11 ± 0.62 ± 0.21	33.40 ± 1.05 ± 0.47
спина back	Исходный показатель / The initial indicator	32.70 ± 1.55 ± 0.69	33.80 ± 1.03 ± 0.51
	Во время работы / During operation	32.98 ± 0.23 ± 0.08	32.22 ± 0.61 ± 0.27
кисть, $T_{кк}$ wrist, $T_{sw}$	Исходный показатель / The initial indicator	33.26 ± 1.75 ± 0.78	33.68 ± 0.57 ± 0.29
	Во время работы / During operation	32.60 ± 0.89 ± 0.31	31.80 ± 1.74 ± 0.86
голень lower leg	Исходный показатель / The initial indicator	32.20 ± 1.03 ± 0.46	33.15 ± 1.46 ± 0.73
	Во время работы / During operation	33.98 ± 1.02 ± 0.34	33.52 ± 0.85 ± 0.38
стопа, $T_{к.ст}$ foot, $T_{sf}$	Исходный показатель / The initial indicator	32.80 ± 0.45 ± 0.20	33.25 ± 0.99 ± 0.49
	Во время работы / During operation	34.21 ± 1.09 ± 0.36	33.36 ± 0.67 ± 0.30
средневзвешенная температура кожи, $T_{ск}$ weighted average skin temperature, $T_{sk}$	Исходный показатель / The initial indicator	32.87 ± 1.15 ± 0.51	33.45 ± 0.95 ± 0.47
	Во время работы / During operation	33.33 ± 0.70 ± 0.23	32.90 ± 0.36 ± 0.16
Частота сердечных сокращений, уд. в 1 мин Heart rate, beats/min	Исходный показатель / The initial indicator	87.00 ± 3.0 ± 1.4	81.00 ± 6.6 ± 3.3
	Во время работы / During operation	123.000 ± 19.3 ± 6.4	119.00 ± 18.0 ± 10.0
Влагопотери, $\Delta R$ , г/ч (Moisture losses, $\Delta R$ , g/h)		665.0 ± 117.0 ± 58.5	573.0 ± 123.0 ± 87.0

Показатели теплового состояния обследуемых лиц, одетых в стандартную хлопчатобумажную спецодежду, приведены в табл. 3, из которой следует, что за время выполнения основных рабочих операций (20–30 мин) подмышечная температура тела кузнецов увеличивалась от исходного уровня на 0,05 °C, средневзвешенная температура кожи – на 0,46 °C, и при этом теплоотдачи в 100% случаев определялись баллом 7 (жарко).

Рассчитанное значение накопленного тепла в организме составляло 0,6 кДж/кг, или 0,13 ккал/кг, у обследуемых наблюдалось профузное потоотделение и значительное увлажнение одежды. При таких условиях теплообмена наиболее информативными показателями, отражающими степень тепловой нагрузки, являлись ЧСС и величина влагопотери. У кузнецов полученные значения влагопотери значительно превышали предельно допустимые значения для продолжительности работы не более одного часа за рабочую смену. Прирост значений ЧСС (35 уд<sup>-1</sup>) также превышал верхнее допустимое значение для продолжительности не более одного часа за рабочую смену. Тепловое состояние кузнецов при работе в стандартной хлопчатобумажной спецодежде характеризовалось значительным напряжением терморегуляторных реакций по таким показателям, как влагопотери и ЧСС, превышающим верхнюю границу величины предельно допустимого значения для продолжительности не более одного часа за рабочую смену. В реальных условиях производственного процесса состояние напряжения терморегуляторных реакций наблюдалось суммарно за рабочую смену в течение трёх часов.

Тепловое состояние нагревательщиков, одетых в стандартную хлопчатобумажную спецодежду, характеризуется увеличением температуры тела на 0,34 °C (см. табл. 3).

При этом отмечалось снижение средневзвешенной температуры кожи на 0,55 °C за счёт интенсивного испарения пота, высокого уровня влагопотери и ускоренной ЧСС.

На основании имеющихся данных тепловое состояние нагревательщиков после выполнения одного цикла характерных технологических рабочих операций может быть оценено как предельно допустимое для продолжительности не более одного часа за рабочую смену.

В реальных условиях выполнения производственного процесса это тепловое состояние у нагревательщиков наблюдалось в течение трёх часов суммарно за рабочую смену.

## Обсуждение

Актуальность настоящего исследования и необходимость его продолжения определяются двумя аспектами. Во-первых, медико-социальная значимость и клинико-биологические последствия воздействия тепловой нагрузки, в особенности для экстремальных уровней, должны быть изучены более детально, поскольку она является наиболее выраженным неблагоприятным фактором ряда производств и нередко сочетается с тяжёлым физическим трудом. Во-вторых, санитарным законодательством подчёркивается медико-социальная значимость интенсивного теплового облучения: его воздействие от открытых источников (в частности, нагретого металла) на работающих ограничено величиной 140 Вт/м<sup>2</sup>, при этом облучению не должно подвергаться более 25% поверхности тела. Тем не менее в реальных условиях площадь облучения поверхности тела достигает в среднем 50%. Работа кузнецов и нагревательщиков при выполнении основных рабочих операций по уровню энергозатрат (233,4 и 216 Вт/м<sup>2</sup> соответственно) относится к тяжёлой физической работе третьей категории (ГОСТ 12.1.005–88), поскольку связана с воздействием в течение 5–6 ч за смену интенсивного теплового излучения от металлических заготовок, разогретых до температуры свыше плюс 1200 °C, одновременно с высокой температурой самих нагревательных печей. В холодный период года микроклимат на рабочих

местах кузнецов и нагревальщиков не соответствует гигиеническим требованиям по параметрам температуры воздуха (первые три часа рабочей смены), скорости движения воздуха и интенсивности теплового облучения. В тёплый период года все параметры микроклимата, за исключением относительной влажности воздуха, превышали допустимые значения (ГОСТ 12.1.005–88).

В данных условиях труда использование СИЗ, в том числе средств защиты лица и глаз, является обязательным. Интенсивность теплового облучения от нагретых заготовок на рабочих местах кузнецов и нагревальщиков в холодный и тёплый периоды года значительно превышала допустимый уровень. Площадь облучения составляла более 50% поверхности тела. Сформированное тепловое состояние кузнецов и нагревальщиков, одетых в стандартную хлопчатобумажную спецодежду, во время выполнения основных рабочих операций в течение первой половины смены в холодный и тёплый периоды года оценено как предельно допустимое, требующее ограничения времени работы (не более одного часа за смену). Согласно данным анкетного опроса, свои теплоощущения кузнецы оценивали высшим баллом 7 (жарко). С учётом результатов проведённых исследований необходима разработка требований к режиму труда при продолжительной тяжёлой физической работе в условиях воздействия инфра-

красного излучения экстремальных уровней. Обязательным является использование работающими современных эффективных СИЗ.

## Заключение

Тепловое состояние кузнецов и нагревальщиков, одетых в стандартную хлопчатобумажную спецодежду, во время выполнения основных рабочих операций в течение 40–50% времени рабочей смены в холодный и тёплый периоды года может быть оценено как предельно допустимое, требующее ограничения времени работы (не более одного часа за рабочую смену). Для предупреждения хронического перегрева у работающих как одной из нозологических форм профессиональной патологии в качестве неотложных мер необходимы регламентация и внедрение режима труда при продолжительной тяжёлой физической работе в условиях нагревающего микроклимата. Целесообразна разработка СИЗ из современных материалов, в частности эффективного комплекта защитной одежды от воздействия инфракрасного излучения экстремальных уровней. Доказана необходимость дальнейших исследований для создания новых эффективных средств индивидуальной защиты для профилактики воздействия интенсивного инфракрасного излучения и предупреждения хронического перегрева организма.

## Литература

1. Тилис А.Ю. Перегревание. В кн.: *Патологическая физиология экстремальных состояний*. М.: Медицина; 1973: 180–221.
2. Афанасьева Р.Ф., Суворов В.Г. Интегральная оценка комплекса факторов, обуславливающих термическую нагрузку на работающих. *Медицина труда и промышленная экология*. 2002; (8): 9–15.
3. Лосик Т.К., Афанасьева Р.Ф., Константинов Е.И. Физиологическая гигиеническая оценка теплового состояния военнослужащих, выполняющих непрерывную физическую работу в нагреваемом микроклимате. *Медицина труда и промышленная экология*. 2015; (10): 41–5.
4. Харитонов В.И. Оценка профессионального риска здоровью при многофакторном интенсивном воздействии. *Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова*. 2017; 25(4): 575–85. <https://doi.org/10.23888/PAVLOVJ20174575-585>
5. Харитонов В.И. О понятии экстремальности. *Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова*. 2014; (4): 155–60.

## References

1. Tilis A.Yu. Overheating. In: *Pathological physiology of extreme conditions [Patologicheskaya fiziologiya ekstremal'nykh sostoyaniy]*. Moscow: Meditsina; 1973: 180–221. (in Russian)
2. Afanas'eva R.F., Suvorov V.G. Integral assessment of the complex of factors that cause thermal stress on workers. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2002; (8): 9–15. (in Russian)
3. Losik T.K., Afanas'eva R.F., Konstantinov E.I. Physiologic and hygienic evaluation of heat state in military men performing continuous physical work in heating microclimate. *Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2015; (10): 41–5. (in Russian)
4. Kharitonov V.I. Assessment of occupational health risk with multifactorial intensive exposure. *Rossiyskiy mediko-biologicheskii vestnik imeni akademika I.P. Pavlova*. 2017; 25(4): 575–85. <https://doi.org/10.23888/PAVLOVJ20174575-585> (in Russian)
5. Kharitonov V.I. On the concept of extremity. *Rossiyskiy mediko-biologicheskii vestnik imeni akademika I.P. Pavlova*. 2014; (4): 155–60. (in Russian)