

DOI: <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-12-1013-1019>

УДК 613.646+613.481

© Коллектив авторов, 2019

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

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

Санитарно-гигиеническая оценка спецодежды для работающих в нагревающей среде в настоящее время проводится только по физико-механическим и гигиеническим свойствам материалов, из которых она изготовлена, не учитывая влияния одежды на тепловое состояние организма человека и его теплообмен с окружающей средой. Результаты исследований теплового и функционального состояния человека, выполняющего физическую работу в нагревающей среде, показали различия в формировании термической нагрузки на организм в зависимости от температуры воздуха и вида спецодежды, используемой для защиты от вредных производственных факторов, в также значимость теплофизических параметров материалов (воздухопроницаемость, паропроницаемость, гигроскопичность), из которых она изготовлена. Кроме того, разработка и изготовление новых материалов с особыми защитными свойствами, в т.ч. с помощью нанотехнологий, расширение их ассортимента для изготовления спецодежды, диктуют необходимость испытания их защитных свойств не только на стендах, но и в готовых изделиях в экспериментальных исследованиях с участием человека. Поэтому актуальной является разработка методики оценки спецодежды по показателям теплового состояния человека, позволяющая определить степень влияния всего комплекса факторов среды, трудового процесса и спецодежды на тепловое состояние работающих в нагревающей среде в целях его прогнозирования и установления регламента работ применительно к конкретным условиям. Методика предназначена для организаций, занимающихся проектированием и разработкой спецодежды, используемой в нагревающей среде, а также материалов для ее изготовления; для испытательных лабораторий, выполняющих санитарно-гигиеническую оценку средств индивидуальной защиты.

Ключевые слова: нагревающий микроклимат; спецодежда; методика; показатели теплового состояния; теплофизические свойства материалов

Для цитирования: 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; 59 (12). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-12-1013-1019>

Для корреспонденции: Бурмистрова Ольга Владимировна, вед. науч. сотр. ФГБНУ «НИИ МТ», канд. мед. наук. E-mail: olgaburmist@inbox.ru

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Olga V. Burmistrova, Tatyana K. Losik, Evgeniy S. Shuporin

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

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

Sanitary and hygienic assessment of overalls for workers in a heating environment is currently carried out only on the physical, mechanical and hygienic properties of the materials from which it is made, not taking into account the effect of clothing on the thermal state of the human body and its heat and moisture exchange with the environment. The results of studies of the thermal and functional state of a person performing physical work in a heating environment showed differences in the formation of the thermal load on the body depending on the air temperature and the type of workwear used to protect against production hazards, as well as the significance of the thermophysical parameters of the materials (air permeability, vapor permeability, hygroscopicity) of which it is made. In addition, the development and manufacture of new materials with special protective properties, including using nanotechnology, expanding their assortment for the manufacture of workwear dictates the need to test their protective properties not only at the stands, but also in finished products in experimental studies involving humans. Therefore, it is urgent to develop a methodology for evaluating workwear according to indicators of a person's thermal state, which allows determining the degree of influence of the whole complex of environmental factors, labor process and workwear on the thermal state of people working in a heating environment in order to predict it and establish the work schedule in relation to specific conditions. The technique is intended for organizations involved in the design and development of workwear used in a heating environment, as well as materials for its manufacture; for testing laboratories performing sanitary-hygienic assessment of personal protective equipment.

Keywords: heating microclimate; overalls; technique; indicators of thermal state; thermophysical properties of materials

For citation: 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). <http://dx.doi.org/10.31089/1026-9428-2019-59-12-1013-1019>

For correspondence: Olga V. Burmistrova, Leading Researcher, Izmerov Research Institute of Occupational Health, Cand. of Sci. (Med.). E-mail: olgaburmist@inbox.ru

Funding. The study had no funding.

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

Введение. Трудовая деятельность человека в целом ряде отраслей экономики (металлургическая, нефтяная, газовая, химическая, пищевая и др.) протекает в микроклимате, комплекс параметров которого в сочетании с физической работой вызывает перегревание организма, которое является фактором риска как ухудшения функционального состояния организма, так и развития патологии.

Известно, что при работе в нагревающей среде возникает напряжение в деятельности различных функциональных систем организма человека, обеспечивающих температурный гомеостаз. Воздействие высокой температуры приводит к нарушению процессов нейроэндокринной регуляции, водно-электролитного обмена, активации процессов перекисного окисления липидов, дестабилизации клеточной мембраны, развитию гипоксических явлений в тканях и как следствие этого — к изменению метаболизма, угнетению неспецифической резистентности организма. Отмечаются значительные изменения со стороны кардиореспираторной системы, играющей важную роль в процессе теплообмена человека с окружающей средой.

Многообразие факторов, влияющих на тепловое состояние работающих в нагревающей среде, затрудняет ее гигиеническую оценку. Помимо параметров микроклимата (температура, влажность, подвижность воздуха, тепловое излучение), уровня энерготрат и продолжительности пребывания в нагревающей среде, на тепло- и влагообмен человека может оказывать одежда, используемая для защиты от вредных производственных факторов [1–8].

Существующие требования к параметрам производственного микроклимата на рабочих местах в Российской Федерации [9–11] предусматривают использование работником спецодежды с теплоизоляцией 0,8–1,0 кло (1 кло = 0,155 °C·м²/Вт), изготовленной из материалов, не оказывающих существенное влияние на тепломассообмен с окружающей средой, то есть материалов, обладающих достаточной теплопроводностью. В то же время теплофизические параметры материалов, используемых для изготовления защитной одежды, ее конструкция и масса, могут существенно ухудшать тепловое состояние человека вследствие нарушения тепловлагообмена с окружающей средой [12–18]. Изготовленная из этих материалов одежда при эксплуатации в условиях, предусмотренных существующими требованиями, может существенно увеличивать степень перегревания организма за счет снижения потерь тепла испарением влаги.

В настоящее время спецодежда, используемая в нагревающем микроклимате, оценивается только по физико-механическим и гигиеническим свойствам материалов, из которых она изготовлена без учета влияния одежды на тепловое и функциональное состояние человека. Поэтому актуальной является разработка методики оценки спецодежды по показателям теплового состояния человека, позволяющая определить степень влияния всего комплекса факторов среды, трудового процесса и спецодежды, на тепловое состояние работающих в нагревающей среде в целях его прогнозирования и установления регламента работ применительно к конкретным условиям.

Цель исследования — показать вклад использования защитной спецодежды в формировании термической нагрузки среды при выполнении работ в нагревающем микроклимате. Обосновать необходимость разработки методики физиолого-гигиенической оценки защитной спецодежды при ее эксплуатации в нагревающей среде.

Использование защитной спецодежды является одной из наиболее доступных мер профилактики перегревания.

Спецодежда, используемая при работе в нагревающем микроклимате, предназначена не только для защиты от повышенных температур, но и других вредных производственных факторов, например, нефти, нефтепродуктов, кислот, щелочей, искр и брызг расплавленного металла.

Назначение спецодежды определяет и требования к материалам для ее изготовления. Многие материалы, используемые, например, для защиты от пыли, инфракрасного излучения, кислот, щелочей, нефтепродуктов и т. п., имеют, как правило, низкую воздухо- и паропроницаемость [19,20], а также низкую гигроскопичность в результате использования гидрофобных химических волокон. Применение материалов с низкой воздухо- и паропроницаемостью (например, тканей с пленочным покрытием) оказывает неблагоприятное воздействие на микроклимат под одеждой, обуславливающий нарушение воздухо- и газообмена. На влагопроводность материала может оказывать влияние большое количество конструктивных параметров, таких как тип волокна (штапельное, филамент и др.), структура нити (диаметр, скручивание), структура ткани (тип связи, плотность, тип переплетения), отделка, аппретирование и т. п. [21].

В настоящее время выпускается много новых материалов отечественного и зарубежного производства, в т.ч. изготовленных с использованием нанотехнологий, обладающих особыми защитными свойствами. Например, ученые из Мэрилендского университета разработали адаптивную ткань, меняющую способность пропускать тепловое излучение и водяной пар, и тем самым помогающую охлаждать тело при интенсивных нагрузках [22]. Каждая нить ткани состоит из множества волокон, каждое из которых состоит из двух сплавленных волокон целлюлозы и триацетата. Особенность такой связки из двух материалов заключается в том, что один из них (триацетат) обладает гидрофобными свойствами, а второй (целлюлоза) проявляет гидрофильные свойства. Благодаря различиям в свойствах, волокна каждой нити сближаются при повышении влажности.

Еще одну особенность ткани дает покрытие волокон слоем углеродных нанотрубок, которые при сближении волокон производят резонансное электромагнитное связывание, излучающая способность волокна увеличивается, а спектр излучения сдвигается в диапазон 5–15 микрон, что совпадает с максимальными длинами волн теплового излучения от человеческого тела. Кроме того, из-за сближения волокон увеличивается и расстояние между нитями, что способствует охлаждению тела через конвекцию.

Таким образом, получена ткань, которая способствует охлаждению при воздействии высокой температуры и отводу влаги от тела, препятствуя, однако, этому при нормальных условиях. Авторы проверили эффективность ткани, поместив ее в камеру с регулируемой влажностью и измерив пропускающую способность в области инфракрасного излучения. Выяснилось, что повышение влажности почти до 90% приводит к увеличению пропускающей способности на 35,4% (около 12% с учетом рассеяния).

С помощью современных технологий стало возможным создание материалов с заданными теплофизическими свойствами, например, когда низкая влагопроницаемость материала сочетается с относительно высокой паропроницаемостью.

Новые материалы могут различаться также по физико-механическим и гигиеническим свойствам, поэтому провести выбор между ними можно путем изготовления спецодежды и проведения исследований с участием человека с целью определения показателей теплового со-

стояния и влагообмена с окружающей средой. Подобные исследования можно провести путем пробной носки или при проведении испытаний в микроклиматической камере. Проведение пробной носки нуждается в изготовлении большой партии изделий, выборе производства, привлечении большого количества работников, и не выгодно по экономическим затратам. Гораздо проще провести испытание образцов одежды. Итак, проблема создания спецодежды, отвечающей гигиеническим требованиям, заключается, как правило, в несовместимости гигиенических и защитных требований к ее материалам.

Решить проблему изучения влияния спецодежды на теплообмен человека с прогностических позиций представляет собой сложную задачу по причине наличия большого количества факторов (параметры микроклимата, энергозатраты, продолжительность воздействия), которые могут влиять на теплообмен и функциональное состояние человека. Поэтому задача оценки и прогнозирования теплового состояния работающего в нагревающей среде решается путем проведения исследований спецодежды конкретного назначения.

На основании результатов исследований [1], проведенных при различной температуре воздуха (25, 30, 35 °С) с участием испытуемых (мужчины), одетых в различную защитную спецодежду, а, именно, для защиты от повышенной температуры воздуха (СЗПТ), от искр и брызг расплавленного металла (СЗПТз), нефти и нефтепродуктов (СЗНП), общих производственных загрязнений (СЗОПЗ), щелочи

(СЗЩ), электромагнитных излучений (СЗЭМП) установлено ее влияние на тепловое состояние и определена температурная поправка с целью его коррекции в зависимости от используемой спецодежды (табл. 1).

Результаты исследования теплового и функционального состояния человека показали различия в формировании термической нагрузки на организм в зависимости от температуры воздуха и вида спецодежды, используемой для защиты от производственных вредностей. Наибольшая степень перегрева человека была зарегистрирована при использовании им одежды для защиты от ЭМП, нефти и нефтепродуктов.

Это подтверждается и уровнем температуры воздуха под одеждой, наибольшая величина которой зарегистрирована под спецодеждой для защиты от ЭМП, а наименьшая — под костюмом для защиты от повышенных температур. Неблагоприятное влияние на теплообмен оказала одежда для защиты от общих производственных загрязнений и щелочей, изготовленная из материалов, содержащих синтетические волокна в количестве $\geq 65\%$ [1].

На основе математико-статистического анализа были выделены три группы спецодежды, отличающиеся друг от друга степенью влияния на функциональное состояние организма, оцениваемое интегральным показателем, выраженным в баллах (ИПФС). Уравнения 1–3 дают возможность прогнозировать ИПФС в зависимости от вида одежды, продолжительности использования (τ , мин.), температуры ($t_{в}$, °С) и влажности воздуха (ϕ , %).

Таблица 1 / Table 1

Показатели теплового состояния человека в нагревающем микроклимате при использовании различной спецодежды для защиты от производственных вредностей ($Q_M=170/m^2$, 40-я минута)

Indicators of the thermal state of the person in the heating microclimate when using various overalls for protection against industrial hazards ($Q_M=170/m^2$, 40th minute)

Показатель	Температура воздуха, °С	Тип спецодежды						
		плавки	СЗПТ	СЗПТз	СЗНП	СЗОПЗ	СЗЩ	СЗЭМП
Средневзвешенная температура кожи, $t_{сж}$, °С	25,5	31,00	33,10	33,40	33,00	33,10	32,90	–
	30,0	33,60	34,86	34,26	34,53	34,70	34,72	35,08
	35,0	34,88	34,28	35,58	35,68	34,69	–	35,06
Температура тела подмышечная, $t_{п/м}$, °С	25,5	37,00	36,80	37,00	36,80	36,90	36,70	–
	30,0	36,80	36,60	37,00	36,90	36,90	36,90	37,00
	35,0	36,97	36,90	37,10	36,70	36,65	–	36,95
Накопление тепла в организме, $\Delta Q_{тсж}$, кДж/кг	25,5	–1,29	1,23	1,51	1,21	0,98	–0,13	–
	30,0	1,48	2,10	3,05	3,06	3,15	3,09	3,78
	35,0	3,34	3,07	4,46	3,42	2,33	–	5,32
ЧСС, уд/мин	25,5	105	99	100	97	104	104	–
	30,0	89	96	96	102	98	97	116
	35,0	102	111	95	106	99	–	112
Влагоощущение, баллы	25,5	1,36	2,53	3,10	2,80	2,30	2,00	–
	30,0	1,94	2,02	3,23	2,62	2,56	3,29	3,41
	35,0	2,40	4,00	3,77	2,66	2,21	–	3,07
Теплоощущение, баллы	25,5	4,5	6,2	6,0	6,5	5,3	4,0	–
	30,0	5,8	6,7	7,0	6,8	6,7	6,7	6,7
	35,0	6,7	7,5	7,0	7,0	6,75	–	7,0
Пододежная температура, $t_{п/о}$, °С	25,5	–	28,90	32,20	32,50	32,00	31,00	–
	30,0	–	32,28	33,24	32,43	32,20	33,40	35,10
	35,0	–	–	–	–	–	–	–
Влагопотери, г	25,5	92	135	300	400	110	250	–
	30,0	200	400	300	350	250	400	450
	35,0	250	250	250	275	350	–	450

Таблица 2 / Table 2

Некоторые теплофизические характеристики материалов исследованных комбинезонов [2]
Some thermophysical characteristics of the materials of the studied overalls [2]

Волокнистый состав	Теплоизоляция, °С×м²/Вт	Плотность, г/м²	Воздухопроницаемость, дм³/м²·с	Паропроницаемость, г/м²·ч	Гигроскопичность, % (при φ=65%)
Хлопок (100%)	0,209	240	50	40	12,0
«Nomex» огнестойкий	0,220	180	179	40	7,0
Мембранная ткань термостойкая	0,227	250	0	42	16,9
«Tyvek F» с пленочным покрытием	0,226	115	0	0	0

Таблица 3 / Table 3

Некоторые показатели теплового и функционального состояния человека, выполняющего физическую работу в нагревающем микроклимате при использовании спецодежды с различными теплофизическими свойствами (Q_м=190 Вт/м², 40-я минута)

Some indicators of the thermal and functional state of a person performing physical work in a heating microclimate when using overalls with different thermophysical properties (Q_м=190 W/m², 40th minute)

Показатель	Температура воздуха, °С	Тип спецодежды			
		1	2	3	4
Средневзвешенная температура кожи, t _к , °С	30	34,6	34,8	35,0	35,4
	35	34,7	34,9	35,0	35,6
Температура тела подмышечная, t _{п/я} , °С	30	36,9	37,0	37,0	37,2
	35	36,7	36,8	36,8	36,8
Накопление тепла в организме, ΔQ _{тс} , кДж/кг	30	3,18	4,51	3,98	4,92
	35	3,27	3,69	4,90	5,16
ЧСС, уд/мин	30	97	114	100	107
	35	100	104	101	111
Влагоощущение, баллы	30	2,8	3,0	3,1	3,4
	35	2,9	2,9	2,8	3,4
Теплоощущение, баллы	30	6,5	6,8	7,0	7,0
	35	6,5	6,5	6,5	7,25
Пододежная температура, t _{п/о} , °С	30	29,7	32,4	32,9	35,7
	35	34,0	34,0	34,9	34,3

Первая группа включает спецодежду для защиты от повышенных температур (СЗПТ):

$$\text{ИПФС} = -123,7 + 1,25t + 0,02t^2 + 8,96t_b + 0,14t_b^2 + 0,99\varphi + 0,01\varphi^2 \quad (1)$$

Вторая группа включает спецодежду для защиты от нефтепродуктов (СЗНП), общих загрязнений (СЗОПЗ), щелочей (СЗЩ):

$$\text{ИПФС} = -83,952 + 1,490t - 0,023t^2 + 7,106t_b - 0,104t_b^2 - 0,215\varphi + 0,004\varphi^2 \quad (2)$$

Третья группа включает костюм для защиты от ЭМП (СЗЭМП):

$$\text{ИПФС} = 189,804 + 1,327742t - 0,02115t^2 - 18,3359t_b + 0,363812t_b^2 + 3,801981\varphi - 0,0507\varphi^2 \quad (3)$$

Согласно критериям теплового и функционального состояния человека, предельно допустимому его уровню соответствует величина ИПФС в диапазоне 52–54 баллов.

Таким образом, имеющиеся в литературе данные и полученные результаты [1] исследований показали, что спецодежда при использовании ее в нагревающей среде может неблагоприятно влиять на тепловое и функциональное состояние человека. При этом степень перегрева организма зависит как от параметров микроклимата, уровня физической нагрузки, так и от свойств материалов, из которых она изготовлена.

На тепловлагообмен организма с окружающей средой существенное влияние оказывают такие параметры материалов как воздухопроницаемость, паропроницаемость, гигроскопичность [19,20].

С целью достоверно оценить каждый из факторов и их комплекс в формировании термической нагрузки на организм были проведены исследования теплового и функционального состояния человека, использующего в качестве спецодежды комбинезоны, изготовленные из материалов с различными гигиеническими свойствами (воздухопроницаемость, паропроницаемость, гигроскопичность) (табл. 2) [2,23]. Результаты исследований представлены в таблице 3.

На основе факторного и кластерного математического анализа [24] полученных данных была разработана классификация теплового и функционального состояния человека во взаимосвязи с факторами, обуславливающими термическую нагрузку на организм. Разработанная математическая модель позволяет определить вероятность класса теплового и функционального состояния, формирующегося под воздействием различных факторов и определить «весовой» вклад каждого из них. Было установлено, что существует определенная связь (коэффициент корреляции равен 0,89) между «внешними» параметрами и показателями функционального состояния человека. В таблице 4 приведены факторные нагрузки двух систем комплексов исходных показателей, соответствующие следующим условиям: температура воздуха 25–30 °С, скорость движения воздуха ≤0,6 м/с.

Таблица 4 / Table 4

Факторные нагрузки различных показателей, ранжированных по их вкладу в установленную взаимосвязь [2]
Factor loads of various indicators ranked by their contribution to the established relationship [2]

«Внешние» параметры	Факторные нагрузки	Показатель функционального состояния	Факторные нагрузки
Физическая нагрузка, Вт	0,91	ЧСС, уд/мин	0,93
Относительная влажность воздуха, %	0,61	Температура тела, подмышечная, $t_{п/м}$, °C	0,77
Продолжительность опыта, мин.	0,50	Теплосодержание, кДж/кг	0,74
Воздухопроницаемость, $дм^3/м^2с$	-0,09	Влагоощущения, баллы	0,73
Гигроскопичность, %	-0,13	Средняя температура тела, °C	0,64
Паропроницаемость, г $м^2/ч$	-0,34	СВТК, °C	0,41
—	—	Температура пододежного пространства, °C	0,32
—	—	Теплоощущения, баллы	0,12

Как следует из приведенных данных, наибольший вклад в изменение функционального состояния вносят: физическая нагрузка, относительная влажность воздуха и продолжительность опыта. Из теплофизических параметров наибольший (с отрицательным знаком) вклад дает паропроницаемость материала СИЗ.

Полученные регрессионные уравнения отражают взаимосвязь отдельных показателей теплового и функционального состояния организма с комплексом факторов, включающим параметры микроклимата, физическую нагрузку, теплофизические свойства материалов спецодежды, длительность пребывания в конкретных условиях трудовой деятельности.

Результаты исследований показали, что теплофизические свойства материалов воздействуют на тепловое состояние человека в нагревающей среде, вызывают паропроницаемость и гигроскопичность материала. Увеличение паропроницаемости способствует улучшению как объективных, так и субъективных показателей теплового состояния.

Увеличение гигроскопичности материала (при увеличении уровня влагопотерь человека) может быть причиной ухудшения его влагоощущений (увеличение балла). Выявлено, что влагоощущение наиболее тесно коррелирует с комплексом воздействующих факторов ($r=0,803$) и может служить одним из информативных критериев оценки теплового состояния человека, трудовая деятельность которого осуществляется в нагревающей среде.

Полученные количественно выраженные взаимосвязи позволяют прогнозировать допустимое время работы в конкретных условиях трудовой деятельности и использование спецодежды, изготовленной из материалов с различными теплофизическими свойствами, влияющими на теплообмен.

Таким образом, был продемонстрирован пример использования методики оценки спецодежды для работающих в нагревающей среде по показателям теплового состояния человека. Сущность методики заключается в определении показателей теплового состояния и теплообмена человека, одетого в спецодежду и выполняющего физическую работу в условиях, моделирующих трудовую деятельность (в микроклиматической камере) в целях возможности прогнозирования теплового состояния и установления регламента работ применительно к конкретным условиям. Достоинством физиологического метода является то, что он показывает не оценку, основанную на экстраполяции с использованием условий работы и ее тяжести, а конкретную индивидуальную реакцию на эти условия. Эта реакция отражает результат воздействия на организм

всех источников тепла (внешних и внутренних) вместе — физиологическая реакция является биологическим корректирующим действием, направленным на противодействие стрессу и сохранение температуры тела в диапазоне оптимальных значений [25].

Впервые методика оценки специальной одежды по температуре ее внутренней поверхности и показателям теплового состояния человека была представлена в ГОСТ 12.4.176–89 [26] и касалась одежды специальной для защиты от теплового излучения. В настоящее время получены многочисленные данные по проблеме влияния нагревающей среды на тепловое и функциональное состояние человека с учетом параметров окружающей среды и продолжительности их воздействия, физической нагрузки, которые скорректировали нормативные показатели теплового состояния человека, а также выявили ряд новых показателей (например, влагоощущение, балл). В связи с этим предложенная в ГОСТ 12.4.176–89 методика нуждается в расширении области применения (включения оценки защитных свойств других видов спецодежды), в корректировке нормативных показателей и дополнениях.

Методика предназначена для проведения физиолого-гигиенической оценки одежды, используемой при работе в нагревающем микроклимате, с целью определения степени влияния всего комплекса факторов среды, трудового процесса и спецодежды на тепловое состояние работающих в нагревающей среде в целях его прогнозирования.

Методика может быть рекомендована для научно-исследовательских организаций; подразделений, занимающихся разработкой физиолого-гигиенических требований к одежде для защиты от повышенных температур и других производственных факторов (химических, физических и др.) и материалам для ее изготовления, проектированием и оценкой СИЗ, для испытательных центров, выполняющих гигиеническую оценку СИЗ (сертификацию продукции) по ТР ТС 019/2011 [27].

Для проведения сертификационных испытаний одежды для защиты от повышенных температур в соответствии с ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты» (гл. 4, п. 4.6, п.п. 1, Приложение 3, таблица 2, п. 4) по показателям температуры внутренних поверхностей одежды и/или температуры пододежного пространства.

Для проведения исследований теплового состояния человека, одетого в различные виды одежды, в т. ч. нательного белья, для установления распределения влагопотерь и субъективной оценки испытателя.

Заключение. На основании представленных литературных данных и результатов проведенных исследований теплового и функционального состояния человека, выполняющего физическую работу в нагревающей среде, была показана значимость спецодежды для защиты от производственных вредностей в формировании термической нагрузки на организм и оценке класса условий труда. Расширение ассортимента материалов для изготовления спецодежды; разработка и изготовление, в т.ч. с помощью нанотехнологий, новых материалов с особыми защитными свойствами, диктуют необходимость испытания их защитных свойств не только на стендах, но и в экспериментах с участием человека при использовании одежды, изготовленной из этих материалов. Разработанная методика оценки спецодежды по показателям теплового состояния позволяет определить степень влияния всего комплекса факторов среды и трудового процесса на тепловое состояние работающих в нагревающей среде в целях его прогнозирования, установления регламента работ и для корректировки температуры воздуха на рабочих местах, установленной нормативными документами, если это допускает технологический процесс в производственном помещении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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: 47–88.
2. Прокопенко Л.В., Афанасьева Р.Ф., Бессонова Н.А., Бурмистрова О.В., Лосик Т.К. и др. Прогнозирование термического стресса работающих в нагревающей среде при использовании спецодежды для защиты от производственных вредностей. Сборник трудов института «Актуальные проблемы медицины труда». М., 2015: 139–66.
3. Grokford G.W. Protective Clothing and Heat Stress: Introduction. *The Ann. Occup. Hyg.* BOHS. 43 (5): 287–8, 1999.
4. Havenith G. Heat Balans when Wearing Protective Clothing. *The Ann. Occup. Hyg.* BOHS. 1999; 43 (5): 289–96.
5. Parsons K.S. Internanional standards fo the Assesment of the Risk of the Thermal Strain on clothed Workers in Hot Environments. *The Ann. Occup. Hyg.* BOHS. 1999; 43 (5): 297–308.
6. Hanson M.A. (1999) Development of a draft British standard: The assessment of heat strain for workers wearing personal protective equipment. *Annals of Occupational Hygiene*. 1999; 43 (5): 309–19.
7. Bernard T.E. Heat Stress and Protective Clothing and Emerg-ing Approach from United States. *The Ann. Occup. Hyg.* BOHS. 1999; 43 (5): 321–28.
8. Malchaire J. Assessment of the Risks of Heat Disorders Encountered During Work in Hot Conditions. *Proceedings. Evaluation and Control of Warm Working Conditions*. Ed. prof. J. Malchaire Biomed «Heat Stress» research project. Barselona Conference. June 14–15; 1999: 2–4.
9. СанПиН 2.2.4. 548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». Москва, 1996.
10. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Р 2.2.2006–05.
11. СанПиН 2.2.4.3359–16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» введены с 01.01.2017 г.; утв. 21.07.2016 г.
12. Ажаев А.Н. Физиолого-гигиенические аспекты действия высоких и низких температур. М.: Наука; 1979.

13. Вадковская Ю.В., Миронова А.А. Гигиенические требования к одежде в пустынных районах Туркмении. В книге: *Вопросы коммунальной гигиены в условиях жаркого климата Средней Азии*. Под. Ред. А.С. Сысина и М.С. Горомосова. Медгиз; 1954: 142–161.

14. Городинский С.М. Средства индивидуальной защиты для работ с радиоактивными веществами. М.: Атомиздат; 1979.

15. Кошечев В.С., Кузнец Е.И. Физиология и гигиена индивидуальной защиты человека в условиях высоких температур. М.: Медицина; 1986.

16. Чвырев В.Г., Ажаев А.Н., Новожилов Г.Н. Тепловой стресс. М.: Медицина; 2000: 295.

17. 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. May 7–10; 2000: 159–62.

18. Marszalek A., Konarska M., Smolander J. et al. Radiation protective clothing in hot environment and heat strain in men of different ages. In book: *Ergonomics of Protective Clothing. Proceeding of NOKOBETEF 6 and 1st European Conference on Protective Clothing held in Stockholm, Sweden*. May 7–10; 2000: 38–40.

19. Делль Р.А., Афанасьева Р.Ф., Чубарова З.С. Гигиена одежды. М., Легпромбытиздат, 1991. — 149 с.

20. Складников В.П., Афанасьева Р.Ф., Машкова Е.Н. Гигиеническая оценка материалов для одежды (Теоретическая основа разработки). М., Легпромиздат, 1985.

21. Голубев И.Г. Спецодежда для больниц — хлопок или смешанная ткань? *Ж. Техника безопасности. Средства индивидуальной защиты*. 2007; 2: 1–6.

22. Xu A. Zhang et al. Dynamic gating of infrared radiation in a textile. *Science*. 2019; 363(6427): 619–23. DOI: 10.1126/science.aau1217.

23. Афанасьева Р.Ф., Прокопенко Л.В., Бессонова Н.А., Бурмистрова О.В., Антонов А.Г., Бобров А.Ф. Микроклимат для работника. *Ж. «Охрана труда. Средства защиты»*. 2015; 12: 14–30.

24. Миронкина Ю.Н., Бобров А.Ф. Информационная технология статистического синтеза критериев и алгоритмов оценки функционального состояния человека в прикладных медико-биологических исследованиях. *Информационные технологии*. 1998; 3: 41–7.

25. NIOSH [2016] NIOSH criteria for a recommended standard: occupational exposure to heat and hot environments. By Jacklitsch B, Williams WJ, Musolin K, Coca A, Kim J-H, Turner N. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication 2016–106.

26. ГОСТ 12.4.176–89 ССБТ «Одежда специальная для защиты от теплового излучения. Требования к защитным свойствам и метод определения теплового состояния человека». Изд-во стандартов; 1989.

27. ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты» утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 г. №878.

REFERENCES

1. Izmerov N. F., Afanasyeva R. F., Prokopenko L. V., Bessonova N. A., Burmistrova O. V., Losik T. K. and others. Scientific and methodological bases of improvement of hygienic assessment of heating microclimate at workplaces taking into account the use of various types of overalls. *Sbornik trudov Instituta «Aktualnye problemi medicini truda»*. M.; 2012: 47–88.

2. Prokopenko L.V., Afanasyeva R.F., Bessonova N.A., Burmis-trova O.V., Losik T.K., etc. Forecasting of thermal stress of workers in a heating environment when using overalls for protection from industrial hazards. *Sbornik trudov Instituta «Aktualnye problemi medicini truda»*. Moscow, 2015: 139–66.
3. Grokford G.W. Protective Clothing and Heat Stress: Intro-daction. *The Ann. Occup. Hyg. BOHS*. 43 (5): 287–8, 1999.
4. Havenith G. Heat Balans when Wearing Protective Clothing. *The Ann. Occup. Hyg. BOHS*. 1999; 43 (5): 289–96.
5. Parsons K.S. Internanional standards fo the Assesment of the Risk of the Thermal Strain on clothed Workers in Hot Envi-ronments. *The Ann. Occup. Hyg. BOHS*. 1999; 43 (5): 297–308.
6. Hanson M.A. (1999) Development of a draft British stan-dart: The assessment of heat strain for workers wearing personal protective equipment. *Annals of Occupational Hygiene*. 1999; 43 (5): 309–19.
7. Bernard T.E. Heat Stress and Protective Clothing and Emerg-ing Approach from United States. *The Ann. Occup. Hyg. BOHS*. 1999; 43 (5): 321–28.
8. Malchaire J. Assessment of the Risks of Heat Disorders En-counterred During Work in Hot Conditions. Proceedings. Evalua-tion and Control of Warm Working Conditions. Ed. prof. J. Mal-chaire Biomed «Heat Stress» research project. Barselona Confer-ence. June 14–15; 1999: 2–4.
9. SanPiN 2.2.4. 548–96 «Hygienic requirements to the micro-climate of industrial premises». Moscow, 1996.
10. Manual on hygienic assessment of factors of the working environment and labor process. *Criterion and klassifikatziya usloviyi truda*. P 2.2.2006–05.
11. SanPiN 2.2.4.3359–16 «Sanitary and epidemiological re-quirements for physical factors in the workplace» introduced from 01.01.2017; UTV. 21.07.2016 g.
12. Ajaev A.N. Physiological and hygienic aspects of effects of high and low temperatures. Moscow: Nauka; 1979.
13. Vadkovskaya Yu.V., Mironova A.A. Hygienic requirements for clothing in the desert regions of Turkmenistan. In the book: «*Voprosyi communalnoi gigienii v usloviyah jarkogo klimata Srednei Asii*». Under. Ed., Medgiz; 1954: 142–61.
14. Gorodinsky S.M. *Means of individual protection for works with radioactive substances*. Moscow: Atomizdat; 1979.
15. Koscheyev V.S., Smith E.I. *Physiology and hygiene personal protection of the person in conditions of high temperatures*. Moscow: Meditsina; 1986.
16. Chvirev V.G., Ajaev A.N., Novozhilov G.N. *Heat stress*. Mos-cow: Medicina; 2000: 295.
17. 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*. Swe-den. May 7–10; 2000: 159–62.
18. Marszalek A., Konarska M., Smolander J. et al. Radiation protective clothing in hot environment and heat strain in men of different ages. In book: *Ergonomics of Protective Clothing. Proceeding of NOKOBETEF 6 and Ist European Conference on Protective Clothing held in Stockholm, Sweden*. May 7–10; 2000: 38–40.
19. Dell R.A., Afanasyeva R. F., Chubarova Z.S. Hygiene of clothes. M., Legprombytizdat, 1991. — 149 p.
20. Schennikov V.P., Afanasyeva R.F., Mashkova E.N. Hygienic assessment of materials for clothing (Teoreticheskaya osnova raz-rabotki). M., Lespromizdat, 1985.
21. Golubev I.G. Overalls for hospitals-cotton or mixed fabric? J. *Tehnika bezopasnosti. Sredstva individualnoi zaschiti*. 2007; 2: 1–6.
22. Xu A. Zhang et al. Dynamic gating of infrared radiation in a textile. *Science*. 2019; 363(6427): 619–23. DOI: 10.1126/sci-ence.aau1217.
23. Afanasyeva R.F., Prokopenko L.V., Bessonova N.A., Burmis-trova O.V., Antonov A.G., Bobrov A.F. Microclimate for the worker. J. «Ohrana truda. Sredstva zaschiti» 2015; 12: 14–30.
24. Mironkina Yu.N., Bobrov A.F. Information technology of statistical synthesis of criteria and algorithms for assessing the functional state of a person in applied biomedical research. *Informacionnyie tehnologii*. 1998; 3: 41–7.
25. NIOSH [2016] NIOSH criteria for a recommended stan-dard: occupational exposure to heat and hot environments. By Jacklitsch B, Williams WJ, Musolin K, Coca A, Kim J-H, Turner N. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication 2016–106.
26. GOST 12.4.176–89 SSBT «Special Clothing for protection from thermal radiation. Requirements to protective properties and a method of determination of a thermal condition of the person». Izdatelstvo standartov, 1989.
27. TR CU 019/2011 «On the safety of personal protective equipment» Utv. Resheniem Komissii Tamojennogo Souza ot 09.12.2011 No. 878.

Дата поступления / Received: 28.05.2019

Дата принятия к печати / Accepted: 02.12.2019

Дата публикации / Published: 16.12.2019