



УДК 551.586  
ГРНТИ 37.21.00

## ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБОТКЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЮ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО БИОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ ПЕРСОНАЛА

*В.С. БАЛАКИН*

*Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил (Министерства обороны Российской Федерации) (г. Москва)*

Предложены и обоснованы требования к разработке специализированного биометеорологического показателя оценки безопасности работ персонала на открытой местности в районах с жарким климатом – в целях повышения эффективности метеозависимых решений, принимаемых органами военного управления в задачах планирования мероприятий авиационных подразделений. Сформулированы основные направления применения специализированного биометеорологического показателя.

*Ключевые слова:* метеорологические условия, климатические факторы, тепловой стресс, биометеорологический показатель, межгосударственный стандарт, термальная среда, прогноз.

## REQUIREMENTS FOR DEVELOPMENT AND USE A SPECIALIZED BIOMETEOROLOGICAL INDICATOR FOR PERSONNEL WORK SAFETY ASSESSMENT

*V.S. BALAKIN*

*Central research Institute of the Air force (Ministry of defense of the Russian Federation) (Moscow)*

Requirements for the development of a specialized biometeorological indicator for assessing the personnel safety in open areas in areas with hot climates are proposed and substantiated in order to increase the efficiency of meteorological decisions made by military authorities in planning activities for aviation units. The main directions of the specialized meteorological indicator application are formulated.

*Keywords:* meteorological conditions, climate factors, heat stress, biometeorological indicator, interstate standard, thermal environment, forecast.

**Введение.** Совершенствование обеспечения авиационных формирований специализированной информацией для оперативной оценки климатических условий на территории определенного региона опирается, в первую очередь, на стратегию деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях на период до 2030 года (с учетом аспектов изменения климата) [1].

В соответствии с климатической доктриной РФ [2] одним из магистральных направлений укрепления военной безопасности России является адаптация Вооруженных Сил к современным погодно-климатическим воздействиям. Указанная адаптация требует применения научно-методического аппарата поддержки принятия метеозависимых решений по планированию деятельности войск (сил), обеспечивающему заданный уровень гидрометеорологической безопасности.

Разработка и доведение до органов управления войсками рекомендаций по учету влияния гидрометеорологических условий на применение вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) требует выполнения задач по специализации прогностической информации. Такой вид



прогнозов предназначен для представления информации в наиболее удобной для командования форме, не требующей дополнительного анализа, что сокращает время на принятие решений.

**Актуальность.** Климатические изменения, наблюдаемые в последние годы на территории России, и необходимость размещения контингентов в регионах с аридным климатом определяют особенности учета метеорологических условий, обусловленных продолжительными периодами экстремально высоких значений температуры воздуха в сочетании с различной влажностью (аридного климата и морского побережья).

Для принятия решения на проведение работ по подготовке и обслуживанию ВВСТ на открытом воздухе лицу, принимающему решение, необходима информация об установленных сроках подготовки или обслуживания (технологических периодах) и ожидаемых погодных условиях. При разработке решения возникает необходимость определения сил и средств для выполнения задачи, что требует расчета не только минимально достаточных объемов ресурсов, но и учет их расходования. Применительно к личному составу это влечет за собой необходимость определения возможности выполнения задач штатным расчетом подразделения с учетом погодных условий в ближайшее время и в долгосрочной перспективе. В первом случае необходимо определение возможности выполнения задачи в установленные сроки при определенных метеорологических условиях, в долгосрочной перспективе необходим расчет естественной убыли личного состава при продолжительной работе в тяжелых (экстремальных) метеорологических условиях [3]. Для предоставления органам военного управления научно обоснованной методической поддержки, позволяющей определить возможность безопасной работы персонала на открытой местности в условиях повышенных температур в течение заданных технологических интервалов, необходим специализированный показатель оценки безопасности работ.

Одним из видов комплексирования данных, направленного на повышение качества управленческих решений данного типа, является расчет специализированного биометеорологического показателя [4] оценки безопасности работ персонала при подготовке ВВСТ.

**Цель работы** – обоснование требований к специализированному биометеорологическому показателю, определенных условиями его использования для принятия метеозависимых решений по планированию деятельности войск (сил) и учитывающих специфику военного потребителя.

**Методические подходы к обоснованию специализированного биометеорологического показателя.** Практика деятельности войск позволяет определить условия применения методик оценки температурной нагрузки для определения длительности технологических периодов обслуживания ВВСТ без убыли личного состава от теплового стресса:

возможность получения фактических входных параметров штатными средствами воинской части, без использования специализированных приборов;

возможность использования прогностических значений входных параметров, без использования специализированных прогностических способов;

возможность использования параметров, установленных вышеперечисленными ГОСТами, без проведения измерений на личном составе;

возможность расчета прогностических значений временных интервалов и анализ их соответствия определенной длительности технологических периодов обслуживания ВВСТ.

Основой для разработки показателя должны являться руководящие документы, определяющие возможность безопасной работы в соответствующих условиях. В настоящее время порядок организации работ в условиях повышенных температур определяется ГОСТами:

ИСО 7243 Термальная среда. Расчет тепловой нагрузки на работающего человека, основанный на показателе WBGT (температура влажного шарика психрометра);

ИСО 7726 Эргономика термальной среды. Приборы и методы для измерения физических величин;



ИСО 7730 Эргономика термальной среды. Аналитическое определение и интерпретация комфортности теплового режима с использованием расчета показателей PMV и PPD и критериев локального теплового комфорта;

ИСО 8996 Эргономика термальной среды. Определение скорости обмена веществ;

ИСО 7933 Эргономика термальной среды. Аналитическое определение и представление тепловой нагрузки на основе расчета прогнозируемой тепловой нагрузки;

ИСО 9886 Эргономика. Оценка температурной нагрузки на основе физиологических измерений;

ИСО 9920 Эргономика термальной среды. Оценка теплоизоляционных свойств и стойкости к испарению комплектов одежды;

ИСО 10551 Эргономика термальной среды. Определение влияния термальной среды с использованием шкал субъективной оценки;

ИСО 11079 Эргономика термальной среды. Определение показателя требуемой изоляции одежды (IREQ);

ИСО 13732 Эргономика термальной среды. Методы оценки реакции человека при контакте с поверхностями;

ИСО 12894 Эргономика термальной среды. Медицинский контроль за людьми, подвергаемыми воздействию экстремально горячей или холодной среды.

На основе данных стандартов определен к использованию в виде руководств и рекомендаций ряд отраслевых регламентирующих документов. Так, для Минобороны Российской Федерации основными руководящими документами в данной области являются Приказ Министра обороны РФ от 31.08.2012 г. № 2552 «Об обеспечении санитарно-эпидемиологического благополучия в Вооруженных силах Российской Федерации» и Приказ заместителя Министра обороны РФ от 25.11.2016 г. № 999 «Об утверждении Руководства по медицинскому обеспечению ВС РФ на мирное время».

Анализ возможности использования содержащихся в перечисленных документах методик, представленный в таблице 1 показывает, что ни одна из них полностью не удовлетворяет предъявляемому комплексу условий.

Таблица 1– Возможность применения ГОСТов в условиях повседневной деятельности

Условия применения специализированного показателя	ИСО 243	ИСО 7730	ИСО 8996	ИСО 7933	ИСО 9886	ИСО 10551	ИСО 13732	ИСО 12894
Возможность получения фактических входных параметров штатными средствами воинской части, без использования специализированных приборов	-	-	-	-	-	+	-	+
Возможность использования прогностических значений входных параметров, без использования специализированных прогностических способов	-	-	+	-	-	-	+	-
Возможность использования установленных параметров без проведения измерений на личном составе	+	-	-	-	-	-	+	-
Возможность расчета прогностических значений временных интервалов и анализ их соответствия определенной длительности технологических периодов обслуживания ВВСТ	-	-	+	+	-	-	+	-

В перечисленных выше международных стандартах [5–12] установлены многочисленные методики расчета биометеорологических показателей, применяемых на практике. Однако они или дают оценку только комфортности (дискомфортности) климатических условий, или недостаточно обоснованы с точки зрения физиологии человека, или оценивают только определенное влияние на теплофизическое состояние человека. Каждый из этих показателей основан на вероятностных связях между метеорологическими условиями и теплофизическим



состоянием человека и адаптирован для решения конкретных задач потребителя. Данные показатели недостаточно информативны для принятия специализированных управленческих решений в вопросах оценки возможности выполнения технологических процессов, требующих выдерживания определенных временных интервалов работы на открытом воздухе в условиях повышенных температур без получения травм от избыточного нагрева.

**Требования к специализированному биометеорологическому показателю.** Возникает необходимость формулировки требований к специализированному показателю оценки безопасности работ персонала на открытой территории в условиях жаркого климата, удовлетворяющему вышеперечисленным условиям. Данными требованиями являются:

интеграция или совместное использование с существующими и перспективными комплексами средств автоматизации гидрометеорологического обеспечения;

верификация к погодно-климатическим условиям территории базирования;

использование входных расчетных параметров, для которых в метеорологическом подразделении имеются штатные средства измерений;

простота использования (несложность методики расчета или автоматизированный расчет);

отсутствие параметров, требующих непосредственной диагностики в процессе работы персонала (выделяемое человеком метаболическое тепло, ректальная температура и другие физиологические показатели);

учет основных факторов «теплового стресса»: температуры и относительной влажности окружающего воздуха; скорости ветра; радиационной температуры; метаболической теплоты, выделяемой телом; характеристик одежды работающего персонала (которые соответствуют модели тепловой нагрузки, основанной на принципах вычисления теплового баланса тела, согласно ГОСТ ИСО 7933);

возможность прогноза величины индекса и дополнительной оценки к принятию решения командиром на обеспечение безопасности работ личного состава;

учет временного интервала на проведение определенных работ (мероприятий) по подготовке (эксплуатации) ВВСТ.

Расчет значений специализированного биометеорологического показателя оценки безопасности работ, соответствующего вышеперечисленным требованиям, может осуществляться при подготовке и доведении до командования, штабов, войск (сил) сведений о фактической и ожидаемой гидрометеорологической обстановке на основе фактических метеорологических данных, прогнозов текущей погоды и разработки краткосрочных и оперативных прогнозов.

**Специализированный биометеорологический показатель теплового стресса.** Для определения возможности работы в условиях повышенных температур возможно применение специализированного показателя «теплового стресса», представленного на рисунке 1.

Как видно из рисунка, при входных метеорологических параметрах (температуре и влажности воздуха) показатель позволяет определить безопасность непрерывной работы персонала в течение определенного периода (в данном случае 3 часа) – при значениях выше 0,37, что соответствует условию «удовлетворительные и лучше».

Специализированный показатель «теплового стресса» представляется в виде обобщенной функции желательности [5] и является результатом свертки установленных аналитических индексов. Таким образом, специализированный показатель «теплового стресса» может являться основой для разработки специализированного биометеорологического показателя возможности непрерывной работы персонала в условиях жаркого климата. Применение данного показателя для определения (прогноза) значения возможности/желательности проведения работ на открытом воздухе (без мышечных судорог, теплового истощения, солнечного удара и других производных теплового перегрева) может производиться на основе фактических (прогностических) значений метеорологических величин, получаемых штатными средствами метеоподразделения воинской части, без использования специализированных приборов.



Рисунок 1 – Номограмма расчета специализированного биометеорологического показателя для условий работ на открытом воздухе в течение 3 часов

**Использование специализированного биометеорологического показателя теплового стресса.** Для автоматизации расчетов фактических значений показателя в составе автоматизированного рабочего места (АРМ) необходим программно-аппаратный комплекс, функционирующий под управлением операционной системы *Astra Linux Special Edition*, и интегрированный в существующую схему приема, хранения, обработки и доведения гидрометеорологической информации в составе автоматизированного метеорологического радиотелеметрического информационно-измерительного комплекса (АМРИИК), или (при отсутствии такового) работающий автономно. Визуализация фактических критических значений биометеорологического показателя в виде временных ограничений при определении невозможности проведения работ на открытом воздухе в наблюдаемых метеорологических условиях может производиться на выносных средствах отображения как в составе АМРИИК, так и других АРМ.

Например, как показано на рисунке 2, на выносных средствах отображения, визуализирующих текущие значения метеорологических параметров, при достижении критических значений воспроизводится надпись: «Время работ личного состава на открытом воздухе в условиях теплового перегрева составляет ...» с отсчетом времени с момента перехода значений показателя от благоприятных к неблагоприятным. При возвращении показателей к благоприятным – надпись не воспроизводится.

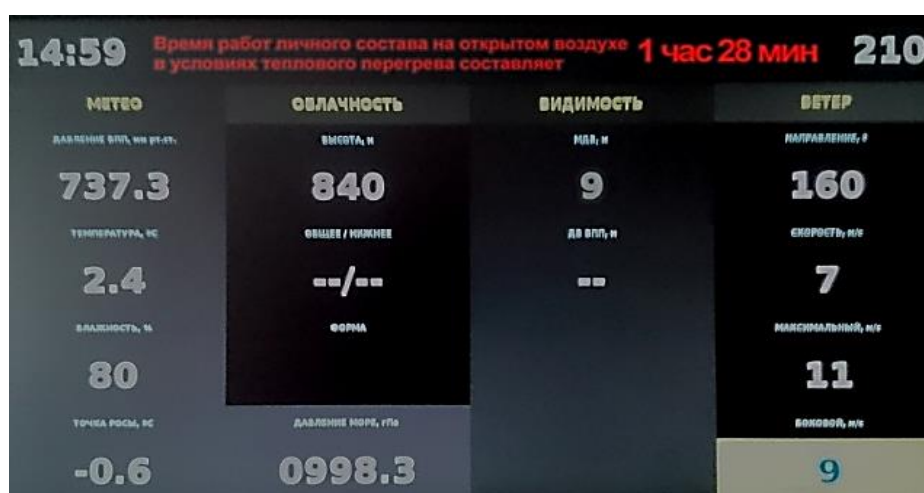


Рисунок 2 – Пример визуализации расчетных значений биометеорологического показателя на выносном средстве отображения АМРИИК



Расчет прогностических значений специализированного биометеорологического показателя может проводиться при разработке прогнозов погоды для обеспечения повседневной жизнедеятельности автоматизированным программным комплексом на основе прогнозируемых значений метеорологических величин в составе блока расчетных методов АРМ военного гидрометеоролога (АРМ-ВГМ). Прогностические значения показателя могут использоваться на всех уровнях управления при планировании мероприятий оперативной (боевой) подготовки и повседневной жизнедеятельности войск (сил).

Визуализация получаемых значений, как показано на рисунке 3, целесообразна в виде слоев прогностической информации цифрового картографического документа с возможностью отображения, редактирования и вывода на печать в виде SXF-слоя для использования в АРМ-ВГМ или экспорта в другие геоинформационные системы в виде графического или текстового файла.

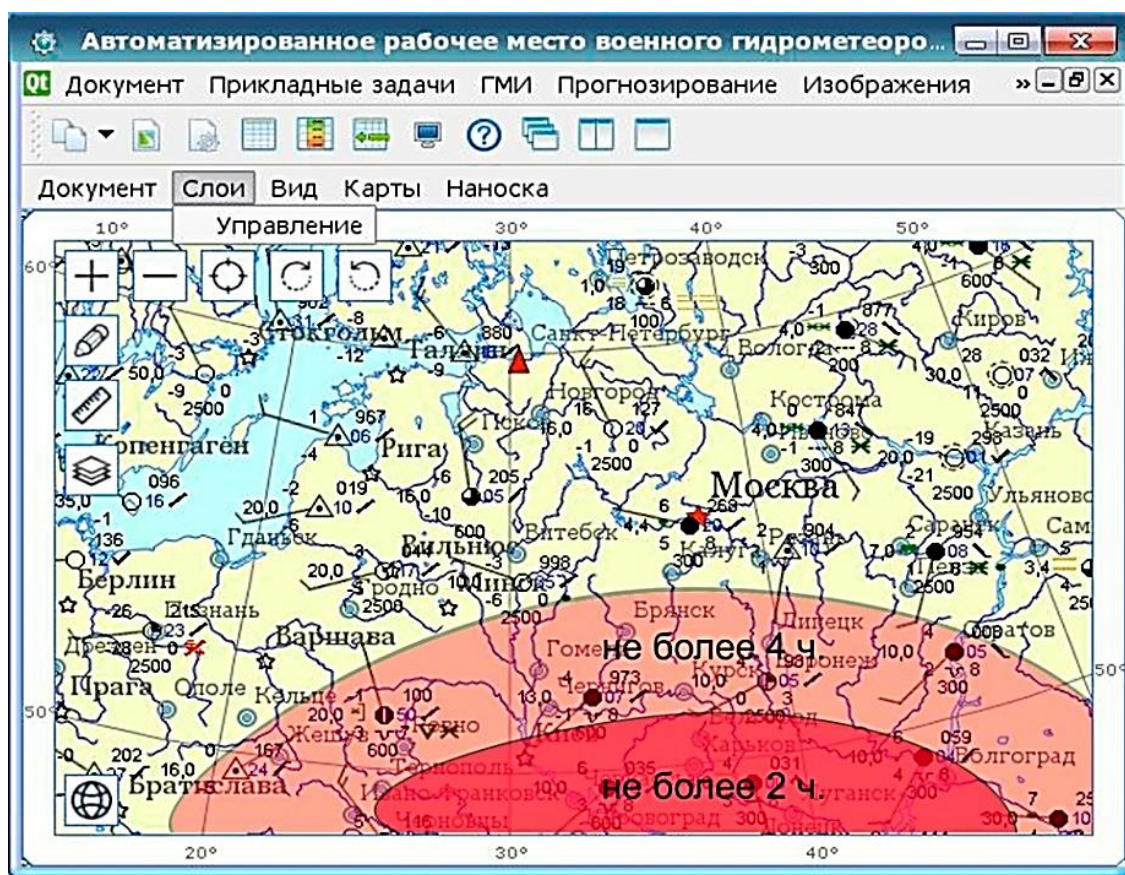


Рисунок 3 – Прогноз зон возможности выполнения работ в виде SXF-слоя при использовании в АРМ-ВГМ

Использование значений специализированного биометеорологического показателя оценки безопасности работ также целесообразно при разработке военно-климатических описаний районов территорий. В данном случае возможно представление информации на основе анализа количества дней с безопасными или небезопасными условиями для подготовки и обслуживания образцов ВВСТ на открытом воздухе в зависимости от их типа, что продемонстрировано на рисунке 4.

Расчет значений показателя может производиться на основе данных реанализа. Пример такого расчета, проведенного сотрудниками 452 научно-исследовательской лаборатории Центрального научно-исследовательского института Военно-воздушных сил (Министерства обороны Российской Федерации) на основе данных NCEP/DOE AMIP-II Reanalysis [13], представлен на рисунке 5.

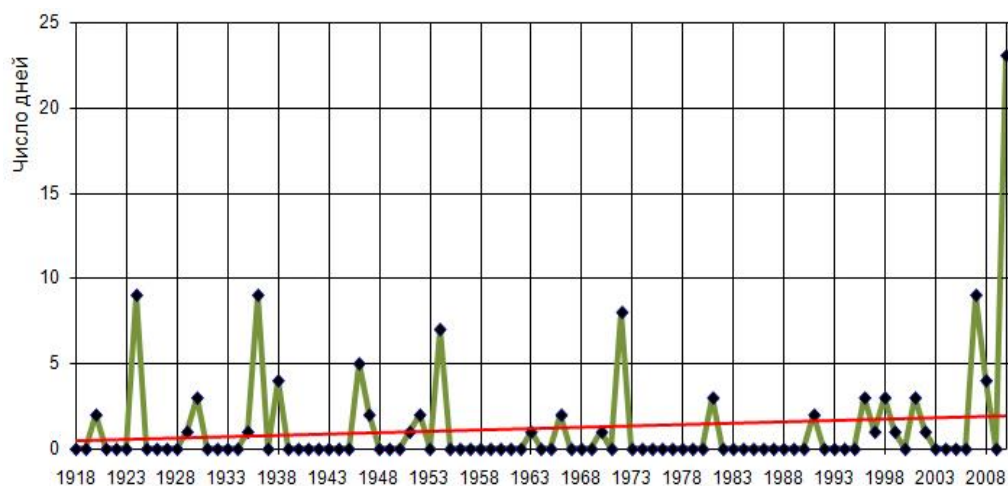


Рисунок 4 – Распределение по годам количества дней с небезопасными условиями для 4-часового технологического интервала

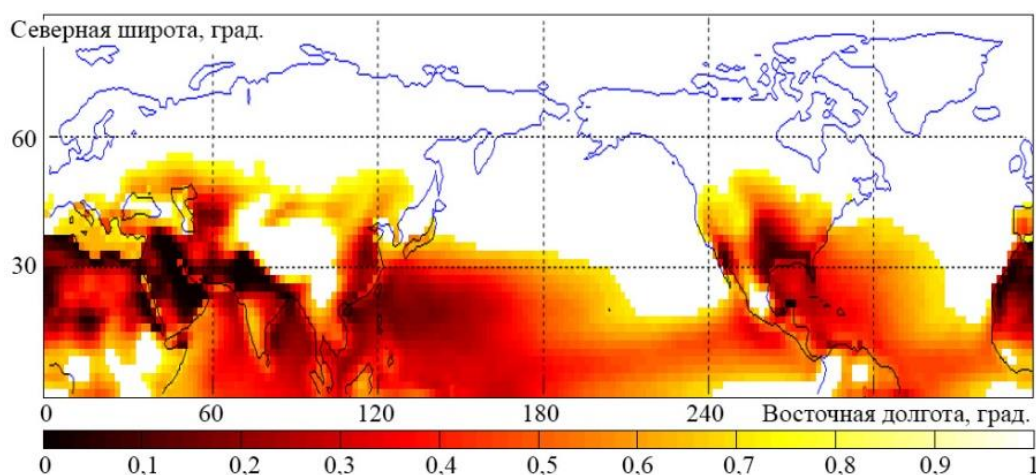


Рисунок 5 – Распределение значений специализированного биометеорологического показателя по северному полушарию для 3-часового технологического периода

Однако практика исследований, проводимых в 452 НИЛ [14], показывает, что для получения требуемой точности значений необходима дополнительная разработка моделей барических образований, обуславливающих климатические показатели в освещаемом районе.

Учет значений специализированного биометеорологического показателя оценки безопасности работ должен осуществляться соответствующими должностными лицами, ответственными за организацию и проведение мероприятий по защите личного состава от воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды и осуществлению контроля за обеспечением безопасности военной службы.

**Выводы.** Сформулированные в работе требования к специализированному биометеорологическому показателю определяют возможность его использования в практике гидрометеорологического обеспечения органов военного управления. Предлагаемый специализированный показатель безопасности работ персонала в условиях повышенных температур отвечает как предложенным требованиям, так и требованиям моделей принятия решений, учитывает временные рамки подготовки (обслуживания) ВВСТ и физическую нагрузку обслуживающего персонала. Применение данного показателя будет способствовать выбору органами военного управления наиболее эффективных решений в задачах планирования мероприятий при функционировании в районах с жарким климатом.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегия деятельности в области гидрометеорологии и смежных с ней областях на период до 2030 года (с учетом аспектов изменения климата). Утв. распоряжением Правительства Российской Федерации № 1458-р. от 3.09.2010 г.
2. Доктрина Российской Федерации. Утв. распоряжением Президента РФ от 17 декабря 2009 г. № 861-рп. М.: 2009. 20 с.
3. Михайлов В.В., Семенов М.Е., Зибров Г.В. Системная модель поддержки принятия метеозависимых решений на применение авиации // Вестник ВАИУ. 2010. № 3 (10). С. 30–37.
4. Айзенштат Б.А. Методы расчета некоторых биоклиматических показателей // Метеорология и гидрология. 1964. № 12. С. 9–16.
5. Harrington E.C. The desirable function // Industrial Quality Control, 1965. V. 21. № 10. P. 494–498.
6. ГОСТ Р ИСО 13732-1–2015 (ISO 13732-1:2006). Эргономика термальной среды. Методы оценки реакции человека при контакте с поверхностями. Часть 1: Горячие поверхности. М.: Стандартинформ, 2006. 17 с.
7. ГОСТ 30494–96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. М.: Стандартинформ, 1996. 14 с.
8. ГОСТ Р ИСО 7243–2007 (ИСО 7243:1989). Термальная среда. Расчет тепловой нагрузки на работающего человека, основанный на показателе WBGT (температура влажного шарика психрометра). М.: Стандартинформ, 2008. 12 с.
9. ГОСТ Р ИСО 9886–2008 (ИСО 9886:2004). Эргономика. Оценка температурной нагрузки на основе физиологических измерений. М.: Стандартинформ, 2009. 16 с.
10. ГОСТ 12.1.005–88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. М.: Стандартинформ, 1988. 23 с.
11. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: СанПиН 2.2.4.548–96. М.: Стандартинформ, 1996. 22 с.
12. ГОСТ Р 57794–2017 (ИСО 7933:2004). Эргономика термальной среды. Аналитическое определение и интерпретация теплового стресса с использованием расчета прогнозируемой тепловой нагрузки. М.: Стандартинформ, 2017. 32 с.
13. NCEP-DOE Reanalysis 2: Summary. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.esrl.noaa.gov/pcd/data/gridded/data.ncep.reanalysis2.html> (дата обращения 16.05.2019).
14. Шипко Ю.В., Балакин В.С., Шувакин Е.В. Обобщенный биометеорологический показатель безопасности работ на открытой местности в жарком климате // Информатика: проблемы, методы, технологии: сб. материалов XX Международной конференции. ВГУ, 13-14 февраля 2020 г. Воронеж: Научно-исследовательские публикации, 2020. С. 1125–1137.

REFERENCES

1. Strategiya deyatel'nosti v oblasti gidrometeorologii i smezhnyh s nej oblastyah na period do 2030 goda (s uchetom aspektov izmeneniya klimata). Utv. rasporyazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii № 1458-r. ot 3.09.2010 g.
2. Doktrina Rossijskoj Federacii. Utv. rasporyazheniem Prezidenta RF ot 17 dekabrya 2009 g. № 861-rp. M.: 2009. 20 p.
3. Mihajlov V.V., Semenov M.E., Zibrov G.V. Sistemnaya model' podderzhki prinyatiya meteo-zavisimyh reshenij na primenenie aviacii // Vestnik VAIU. 2010. № 3 (10). pp. 30–37.
4. Ajzenshtat B.A. Metody rascheta nekotoryh bioklimaticheskikh pokazatelej // Meteorologiya i gidrologiya. 1964. № 12. pp. 9–16.
5. Harrington E.C. The desirable function // Industrial Quality Control, 1965. V. 21. № 10. pp. 494–498.





6. GOST R ISO 13732-1-2015 (ISO 13732-1:2006). `Ergonomika termal'noj sredy. Metody ocenki reakcii cheloveka pri kontakte s poverhnostyami. Chast' 1: Goryachie poverhnosti. M.: Standartinform, 2006. 17 p.

7. GOST 30494-96. Zdaniya zhilye i obschestvennyye. Parametry mikroklimata v pomescheniyah. M.: Standartinform, 1996. 14 p.

8. GOST R ISO 7243-2007 (ISO 7243:1989). Termal'naya sreda. Raschet teplovoj nagruzki na rabotayushego cheloveka, osnovannyj na pokazatele WBGT (temperatura vlazhnogo sharika psihrometra). M.: Standartinform, 2008. 12 p.

9. GOST R ISO 9886-2008 (ISO 9886:2004). `Ergonomika. Ocenka temperaturnoj nagruzki na osnove fiziologicheskikh izmerenij. M.: Standartinform, 2009. 16 p.

10. GOST 12.1.005-88 SSBT. Obschie sanitarno-gigienicheskie trebovaniya k vozduhu rabochej zony. M.: Standartinform, 1988. 23 p.

11. Gigienicheskie trebovaniya k mikroklimatu proizvodstvennyh pomeschenij: SanPiN 2.2.4.548-96. M.: Standartinform, 1996. 22 p.

12. GOST R 57794-2017 (ISO 7933:2004). `Ergonomika termal'noj sredy. Analiticheskoe opredelenie i interpretaciya teplovogo stressa s ispol'zovaniem rascheta prognoziруемой teplovoj nagruzki. M.: Standartinform, 2017. 32 p.

13. NCEP-DOE Reanalysis 2: Summary. [`Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.esrl.noaa.gov/pcd/data/gridded/data.ncep.reanalysis2.html> (data obrascheniya 16.05.2019).

14. Shipko Yu.V., Balakin V.S., Shuvakin E.V. Obobschennyj biometeorologicheskij pokazatel' bezopasnosti rabot na otkrytoj mestnosti v zharkom klimate // Informatika: problemy, metody, tehnologii: sb. materialov XX Mezhdunarodnoj konferencii. VGU, 13-14 fevralya 2020 g. Voronezh: Nauchno-issledovatel'skie publikacii, 2020. pp. 1125–1137.

© Балакин В.С., 2020

Балакин Владимир Станиславович, старший научный сотрудник, Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил (Министерства обороны Российской Федерации), Россия, 127083, г. Москва, аллея Петровско-Разумовская, 12А, balakin69vs@gmail.com.