ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 57794— 2017 (ИСО 7933:2004)

ЭРГОНОМИКА ТЕРМАЛЬНОЙ СРЕДЫ

Аналитическое определение и интерпретация теплового стресса с использованием расчета прогнозируемой тепловой нагрузки

(ISO 7933:2004, MOD)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Открытым акционерным обществом «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (АО «НИЦ КД») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 201 «Эргономика, психология труда и инженерная психология»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 октября 2017 г. № 1448-ст

4 Настоящий стандарт является модифицированным по отношению к международному стандарту ИСО 7933:2004 «Эргономика термальной среды. Аналитическое определение и интерпретация теплового стресса с использованием расчета прогнозируемой тепловой нагрузки» (ISO 7933:2004 «Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain») путем внесения отклонений, объяснение которых приведено во введении к настоящему стандарту.

Международный стандарт разработан Техническим комитетом ISO/TC 159.

Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте, приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

6 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Июль 2019 г.

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© ISO, 2004 — Все права сохраняются
© Стандартинформ, оформление, 2017, 2019

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 1
3 Обозначения . . . 2
4 Основные принципы модели прогнозирования тепловой нагрузки . . . 5
5 Основные этапы вычислений . . . 6
6 Интерпретация требуемой интенсивности потоотделения . . . 8
Приложение А (обязательное) Данные, необходимые для вычисления теплового баланса . . . 10
Приложение В (справочное) Критерии оценки допустимого времени пребывания в горячей среде . . . 16
Приложение С (справочное) Скорость обмена веществ . . . 18
Приложение D (справочное) Теплоизоляционные свойства одежды . . . 21
Приложение Е (справочное) Компьютерная программа для проведения расчетов в соответствии с моделью прогнозирования тепловой нагрузки . . . 23
Приложение F (обязательное) Примеры расчетов в соответствии с моделью прогнозирования тепловой нагрузки . . . 29
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте . . . 30

Введение

Одни стандарты из этой серии устанавливают методы оценки или измерения параметров, влияющих на терморегуляцию организма человека в конкретной термальной среде, другие стандарты определяют, как эти параметры должны быть интегрированы с целью прогнозирования степени дискомфорта и риска для здоровья в этих средах. Настоящий стандарт устанавливает метод, который должны применять специалисты по охране труда при рассмотрении данного вопроса и последующем сборе информации, необходимой для контроля или предотвращения данной проблемы.

Метод вычисления и интерпретации теплового баланса основан на последних научных данных. В своей существующей форме данный метод не применяют в случаях, когда предусматривается применение специальной защитной одежды (со светоотражающими элементами, воздухопроницаемой, водоотталкивающей, со средствами индивидуальной защиты).

Кроме того, специалисты по охране труда несут ответственность за оценку риска, которому подвергается человек, учитывая особенности, отличающие его от среднестатистического субъекта (человека). В *ГОСТ Р ИСО 9886* приведены физиологические параметры, которые должны быть использованы при мониторинге показателей конкретного субъекта.

В отличие от ISO 7933:2004 в раздел 2 настоящего стандарта не включены стандарты[1)], которые нецелесообразно применять в соответствии с требованиями национальной стандартизации.

[1)] ISO 7726 Ergonomics of the thermal environment — Instruments for measuring physical quantities; ISO 9920 Ergonomics of the thermal environment — Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЭРГОНОМИКА ТЕРМАЛЬНОЙ СРЕДЫ

Аналитическое определение и интерпретация теплового стресса с использованием расчета прогнозируемой тепловой нагрузки

Ergonomics of the thermal environment. Analytical determination and interpretation of heat stress using calculation of the predicted heat strain

Дата введения — 2018—12—01

1 Область применения

В настоящем стандарте установлен метод аналитической оценки и интерпретации теплового стресса, который испытывает субъект в горячей среде. В стандарте описан метод прогнозирования интенсивности потоотделения и внутренней температуры тела человека в конкретных условиях труда.

Различные термины, использованные в данной модели прогнозирования, в частности для вычисления теплового баланса, показывают влияние различных физических параметров окружающей среды на тепловую нагрузку, которую испытывает субъект. Таким образом, настоящий стандарт позволяет определить, какой параметр или группа параметров должны быть изменены и до какой степени, чтобы уменьшить риск физиологического напряжения.

Главными целями настоящего стандарта являются:

a) оценка теплового стресса в условиях, которые обычно вызывают чрезмерное повышение температуры тела или обезвоживание у среднестатистического субъекта;

b) определение времени пребывания в горячей среде, при котором физиологическое напряжение не превышает приемлемого значения (без ущерба здоровью и жизни субъекта). В контексте данного метода прогнозирования время пребывания в горячей среде называют максимально допустимым временем пребывания в горячей среде.

Настоящий стандарт не позволяет прогнозировать физиологическую реакцию отдельных субъектов, в стандарте рассмотрена только реакция среднестатистических субъектов с хорошим здоровьем, годных для работы, которую они выполняют. Настоящий стандарт предназначен для использования специалистами по эргономике, промышленной гигиене и другими для оценки условий труда.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

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

ГОСТ Р ИСО 8996 Эргономика термальной среды. Определение скорости обмена веществ

ГОСТ Р ИСО 9886 Эргономика термальной среды. Оценка температурной нагрузки на основе физиологических измерений

ГОСТ Р ИСО 13732-1 Эргономика термальной среды. Методы оценки реакции человека при контакте с поверхностями. Часть 1. Горячие поверхности

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам

Издание официальное

ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Обозначения

В настоящем стандарте использованы обозначения, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 — Обозначения и единицы измерения

Обозначение	Термин	Единица измерения
—	Код = 1, если введена скорость перемещения человека, в противном случае код = 0	—
—	Код = 1, если введено направление перемещения человека, в противном случае код = 0	—
α	Доля массы тела при определенной температуре поверхности кожи	Без единицы измерения
α_j	Доля массы тела при определенной температуре поверхности кожи в момент времени t_j	Без единицы измерения
α_{j-1}	Доля массы тела при определенной температуре поверхности кожи в момент времени t_{j-1}	Без единицы измерения
ε	Коэффициент излучения	Без единицы измерения
θ	Угол между направлением движения и направлением ветра	градус
A_{Du}	Площадь поверхности тела по методу Дюбуа	$м^2$
A_p	Часть поверхности тела, покрытая светоотражающей одеждой	Без единицы измерения
A_r	Эффективная зона облучения тела	Без единицы измерения
C	Тепловой поток за счет конвекции	$Вт/м^2$
c_e	Удельная теплота парообразования воды	Дж/кг
$C_{orr,cl}$	Поправочный коэффициент для динамической полной термоизоляции сухого тепла, равной или выше 0,6 кло	Без единицы измерения
$C_{orr,la}$	Поправочный коэффициент для динамической полной термоизоляции сухого тепла, равной 0 кло	Без единицы измерения
$C_{orr,tot}$	Поправочный коэффициент для динамической термоизоляции одежды как функция конкретной одежды	Без единицы измерения
$C_{orr,E}$	Поправочный коэффициент для динамического индекса водопроницаемости	Без единицы измерения
c_p	Удельная теплоемкость сухого воздуха при постоянном давлении	Дж/(кг · К)
C_{res}	Тепловой поток за счет конвекции при дыхании	$Вт/м^2$
c_{sp}	Удельная теплоемкость тела	$Вт/(м^2 \cdot К)$

Продолжение таблицы 1

Обозначение	Термин	Единица измерения
D_{lim}	Максимально допустимое время пребывания в термальной среде	мин
$D_{lim\ tre}$	Максимально допустимое время пребывания в термальной среде для сохранения тепла	мин
$D_{limloss50}$	Максимально допустимое время пребывания в термальной среде до потери воды у 50 % субъектов	мин
$D_{limloss95}$	Максимально допустимое время пребывания в термальной среде до потери воды у 95 % субъектов	мин
D_{max}	Максимальная потеря воды	г
D_{max50}	Максимальная потеря воды у 50 % субъектов	г
D_{max95}	Максимальная потеря воды у 95 % субъектов	г
DRINK	1, если работники могут свободно потреблять воду, в противном случае — 0	Без единицы измерения
dS_i	Накопление тепла в организме за прошедший период	Вт/м^2
dS_{eq}	Коэффициент накопления тепла в организме в результате повышения температуры тела, связанного со скоростью обмена веществ	Вт/м^2
E	Тепловой поток за счет испарения с кожи	Вт/м^2
E_{max}	Максимальный тепловой поток за счет испарения на коже	Вт/м^2
E_p	Прогнозируемый тепловой поток за счет испарения	Вт/м^2
E_{req}	Требуемый тепловой поток за счет испарения	Вт/м^2
E_{res}	Тепловой поток за счет испарения при дыхании	Вт/м^2
f_{cl}	Доля площади поверхности тела, покрытого одеждой	Без единицы измерения
$F_{cl,R}$	Коэффициент снижения теплообмена за счет излучения при наличии одежды	Без единицы измерения
F_r	Коэффициент теплового излучения светоотражающей одежды	Без единицы измерения
H_b	Рост человека	м
h_{cdyn}	Динамический коэффициент теплопередачи за счет конвекции	Вт/(м^2 · К)
h_r	Коэффициент теплопередачи за счет излучения	Вт/(м^2 · К)
$I_{a\ st}$	Коэффициент статической термоизоляции пограничного слоя	м^2 · К/Вт
$I_{cl\ st}$	Коэффициент статической термоизоляции одежды	м^2 · К/Вт
I_{cl}	Коэффициент термоизоляции одежды	кло
$I_{tot\ st}$	Коэффициент полной статической термоизоляции одежды	м^2 · К/Вт
$I_{a\ dyn}$	Коэффициент динамической термоизоляции пограничного слоя	м^2 · К/Вт
$I_{cl\ dyn}$	Коэффициент динамической термоизоляции одежды	м^2 · К/Вт

Продолжение таблицы 1

Обозначение	Термин	Единица измерения
$I_{tot\ dyn}$	Коэффициент полной динамической термоизоляции одежды	$м^2 \cdot К/Вт$
i_{mst}	Индекс статической влагопроницаемости	Без единицы измерения
i_{mdyn}	Индекс динамической влагопроницаемости	Без единицы измерения
incr	Период времени от t_i до t_{i-1}	мин
k_{Sw}	Доля прогнозируемой интенсивности потоотделения	Без единицы измерения
K	Тепловой поток за счет теплопроводности	$Вт/м^2$
M	Скорость (интенсивность) обмена веществ	$Вт/м^2$
p_a	Парциальное давление водяного пара	кПа
$p_{sk,s}$	Давление насыщенного водяного пара при фактической температуре кожи	кПа
R	Тепловой поток за счет излучения	$Вт/м^2$
r_{req}	Требуемая испаряющая интенсивность потоотделения	Без единицы измерения
R_{tdyn}	Динамическое суммарное сопротивление испарению влаги одежды и ограничивающего слоя воздуха	$м^2 \cdot кПа/Вт$
S	Скорость накопления тепла в организме	$Вт/м^2$
S_{eq}	Накопление тепла в организме в результате повышения внутренней температуры тела, связанного со скоростью обмена веществ	$Вт/м^2$
Sw_{max}	Максимальная интенсивность потоотделения	$Вт/м^2$
Sw_p	Прогнозируемая интенсивность потоотделения	$Вт/м^2$
$Sw_{p,i}$	Прогнозируемая интенсивность потоотделения в момент времени t_i	$Вт/м^2$
$Sw_{p,i-1}$	Прогнозируемая интенсивность потоотделения в момент времени t_{i-1}	$Вт/м^2$
Sw_{req}	Требуемая интенсивность потоотделения	$Вт/м^2$
t	Время	мин
t_a	Температура воздуха	°С
t_{cl}	Температура поверхности одежды	°С
t_{cr}	Внутренняя температура тела	°С
$t_{cr,eqm}$	Значение внутренней температуры тела в устойчивом состоянии как функция скорости обмена веществ	°С
$t_{cr,eq}$	Внутренняя температура тела как функция скорости обмена веществ	°С
$t_{cr,eq\ i}$	Внутренняя температура тела как функция скорости обмена веществ в момент времени t_i	°С
$t_{cr,eq\ i-1}$	Внутренняя температура тела как функция скорости обмена веществ в момент времени t_{i-1}	°С
$t_{cr,i}$	Внутренняя температура тела в момент времени t_i	°С

Окончание таблицы 1

Обозначение	Термин	Единица измерения
$t_{cr,i-1}$	Внутренняя температура тела в момент времени t_{i-1}	°С
t_{ex}	Температура выдыхаемого воздуха	°С
t_r	Средняя температура излучения	°С
t_{re}	Ректальная температура	°С
$t_{re,max}$	Максимально допустимая ректальная температура	°С
$t_{re,i}$	Ректальная температура в момент времени t_i	°С
$t_{re,i-1}$	Ректальная температура в момент времени t_{i-1}	°С
$t_{sk,eq}$	Средняя температура кожи в устойчивом состоянии	°С
$t_{sk,eq\ nu}$	Средняя температура кожи обнаженного субъекта в устойчивом состоянии	°С
$t_{sk,eq\ cl}$	Средняя температура кожи одетого субъекта в устойчивом состоянии	°С
$t_{sk,i}$	Средняя температура кожи в момент времени t_i	°С
$t_{sk,i-1}$	Средняя температура кожи в момент времени t_{i-1}	°С
V	Интенсивность вентиляции легких	л/мин
v_a	Скорость движения воздуха	м/с
v_{ar}	Относительная скорость движения воздуха	м/с
v_w	Скорость перемещения человека	м/с
w	Увлажненность кожи	Без единицы измерения
W	Эффективная механическая мощность	Вт/м^2
W_a	Коэффициент влажности	кг воды/кг сухого воздуха
W_b	Масса тела	кг
W_{ex}	Коэффициент влажности выдыхаемого воздуха	кг воды/кг сухого воздуха
w_{max}	Максимальная увлажненность кожи	Без единицы измерения
w_p	Прогнозируемая увлажненность кожи	Без единицы измерения
w_{req}	Требуемая увлажненность кожи	Без единицы измерения

4 Основные принципы модели прогнозирования тепловой нагрузки

Модель прогнозирования тепловой нагрузки основана на принципах вычисления теплового баланса тела, исходя из:

a) параметров термальной среды:
- температуры воздуха t_a;
- средней температуры излучения t_r;
- парциального давления пара p_a;
- скорости движения воздуха v_a;

b) средних характеристик субъектов, находящихся под воздействием термальной среды:
- скорости обмена веществ M, вычисленной на основе *ГОСТ Р ИСО 8996*;
- теплоизоляционных свойств одежды.

В разделе 5 приведены принципы вычисления тепловых потоков, определяющих уравнение теплового баланса, а также интенсивности потоотделения, необходимой для поддержания теплового равновесия организма. Математические выражения для вычисления этих показателей приведены в приложении А.

В разделе 6 представлен метод интерпретации, который позволяет определить прогнозируемую интенсивность потоотделения, прогнозируемую ректальную температуру, а также максимально допустимое время пребывания в горячей среде и режим труда и отдыха для достижения прогнозируемой интенсивности потоотделения. Принцип определения базируется на двух критериях: максимальном повышении внутренней температуры тела и максимальном снижении количества жидкости в организме. Максимальные значения этих критериев приведены в приложении А.

Точность прогнозируемой оценки интенсивности потоотделения и оценки времени пребывания в горячей среде является функцией параметров модели (см. формулы, приведенные в приложении А) и принятых максимальных значений, а также функцией точности оценок и результатов измерений физических параметров, скорости обмена веществ и теплоизоляционных свойств одежды.

5 Основные этапы вычислений

5.1 Общее уравнение теплового баланса

5.1.1 Общие положения

Уравнение теплового баланса человека может быть представлено следующим образом:

$$M - W = C_{res} + E_{res} + K + C + R + E + S. \quad (1)$$

Это уравнение показывает, что внутренняя выработка теплоты в организме, которая соответствует скорости обмена веществ (M) минус эффективная механическая энергия (W), равна сумме плотностей дыхательных тепловых потоков за счет конвекции (C_{res}) и испарения (E_{res}), плотностей тепловых потоков за счет теплопроводности (K), конвекции (C), излучения (R), испарения (E) применительно к поверхности кожи и показателя накопления тепла в организме (S).

Переменные уравнения (1) последовательно рассмотрены с точки зрения принципов вычисления (формулы приведены в приложении А).

5.1.2 Скорость обмена веществ *M*

Методы определения скорости обмена веществ установлены в *ГОСТ Р ИСО 8996*.

Показатели для оценки скорости обмена веществ приведены в приложении С.

5.1.3 Эффективная механическая энергия *W*

В большинстве случаев в условиях производства эффективная механическая энергия мала и ею можно пренебречь.

5.1.4 Плотность дыхательного теплового потока за счет конвекции C_{res}

В большинстве случаев для расчета плотности дыхательного теплового потока за счет конвекции может быть использована следующая формула

$$C_{res} = 0{,}072\, c_p \cdot V \cdot \frac{t_{ex} - t_a}{A_{Du}}. \quad (2)$$

5.1.5 Плотность дыхательного теплового потока за счет испарения E_{res}

В большинстве случаев для расчета плотности дыхательного теплового потока за счет испарения может быть использована следующая формула

$$E_{res} = 0{,}072\, c_e \cdot V \cdot \frac{W_{ex} - W_a}{A_{Du}}. \quad (3)$$

5.1.6 Плотность теплового потока за счет теплопроводности *K*

Поскольку в настоящем стандарте рассмотрен риск обезвоживания и гипертермии всего организма, тепловой поток за счет теплопроводности при контакте кожи человека с твердой поверхностью может быть количественно приравнен к потерям тепла за счет конвекции и излучения, которые могли бы произойти, если бы человек не контактировал с твердой поверхностью. В этом случае плотность теплового потока за счет теплопроводности напрямую не учитывают.

В *ГОСТ Р ИСО 13732-1* приведены методы оценки риска возникновения ожогов и болевых ощущений в случае контакта кожи тела с горячей поверхностью.

5.1.7 Плотность теплового потока за счет конвекции применительно к поверхности кожи *C*

Для расчета плотности теплового потока за счет конвекции может быть использована следующая формула

$$C = h_{cdyn} \cdot f_{cl} \cdot (t_{sk} - t_a), \quad (4)$$

где при расчете динамического коэффициента теплоотдачи за счет конвекции между одеждой и наружным воздухом h_{cdyn} учитывают свойства одежды, движения человека и скорость движения воздуха.

В приложении D приведены некоторые показатели для оценки теплоизоляционных свойств одежды.

5.1.8 Плотность теплового потока за счет излучения применительно к поверхности кожи *R*

Для расчета плотности теплового потока за счет излучения может быть использована следующая формула

$$R = h_r \cdot f_{cl} \cdot (t_{sk} - t_r), \quad (5)$$

где при расчете коэффициента теплоотдачи за счет излучения между одеждой и наружным воздухом h_r учитывают свойства одежды, движения человека и скорость движения воздуха.

5.1.9 Плотность теплового потока за счет испарения с поверхности кожи *E*

Максимальная плотность теплового потока за счет испарения с поверхности кожи E_{max}, это плотность, которая может быть достигнута в случае полного увлажнения кожи. В этих условиях

$$E_{max} = \frac{p_{sk,s} - p_a}{R_{tdyn}}, \quad (6)$$

где при расчете суммарного сопротивления испарению влаги одежды и ограничивающего слоя воздуха R_{tdyn} учитывают свойства одежды, движения человека и скорость движения воздуха.

В случае частичного увлажнения кожи для расчета плотности теплового потока за счет испарения E (Вт/м^2) используют следующую формулу

$$E = w \cdot E_{max}. \quad (7)$$

5.1.10 Накопление тепла в результате повышения внутренней температуры тела, связанного со скоростью обмена веществ dS_{eq}

Даже в нейтральной среде внутренняя температура тела повышается до значения в устойчивом состоянии $t_{cr,eq}$ как функция скорости обмена веществ, связанная с максимальными аэробными возможностями человека.

Внутренняя температура тела достигает значения в устойчивом состоянии как экспоненциальная функция времени. Накопление тепла, связанное с этим повышением dS_{eq}, не способствует появлению пота, и, следовательно, эту величину следует вычесть из обеих частей уравнения теплового баланса.

5.1.11 Накопление тепла *S*

Накопление тепла в организме вычисляют как алгебраическую сумму плотностей тепловых потоков, определенных ранее.

5.2 Вычисление требуемой плотности теплового потока за счет испарения, требуемой увлажненности кожи и требуемой интенсивности потоотделения

С учетом гипотезы, выдвинутой относительно теплового потока за счет теплопроводности, общее уравнение теплового баланса (1) может быть представлено следующим образом:

$$E + S = M - W - C_{res} - E_{res} - C - R. \quad (8)$$

Требуемая плотность теплового потока за счет испарения E_{res} является уровнем плотности теплового потока за счет испарения, требуемым для сохранения теплового равновесия организма, при котором показатель накопления тепла равен нулю. Требуемую плотность теплового потока за счет испарения вычисляют по формуле

$$E_{req} = M - W - C_{res} - E_{res} - C - R - dS_{eq}. \quad (9)$$

Требуемую увлажненность кожи w_{req} определяют отношением требуемой плотности теплового потока за счет испарения к максимальной плотности теплового потока за счет испарения применительно к поверхности кожи:

$$w_{req} = \frac{E_{req}}{E_{max}}. \quad (10)$$

Вычисление требуемой интенсивности потоотделения выполняют на основе требуемой плотности теплового потока за счет испарения, но с учетом доли потоотделения, которое происходит в результате сильных колебаний уровня увлажнения кожи в зависимости от окружающей среды. Требуемую интенсивность потоотделения вычисляют по формуле

$$Sw_{req} = \frac{E_{req}}{r_{req}}. \quad (11)$$

Примечание — Интенсивность потоотделения (Вт/м^2) представляет собой эквивалент уровня потоотделения в горячей среде, выраженный в граммах пота на квадратный метр поверхности кожи за час. 1 Вт/м^2 соответствует потоку 1,47 г/(м^2 · ч) или 2,67 г/ч для среднестатистического субъекта (1,8 м^2 поверхности тела).

6 Интерпретация требуемой интенсивности потоотделения

6.1 Основы метода интерпретации

Интерпретация значений, полученных рекомендуемым аналитическим методом, основана на двух критериях стресса:

- максимальной увлажненности кожи w_{max};
- максимальной интенсивности потоотделения Sw_{max};

и на двух критериях нагрузки:

- максимальной ректальной температуре $t_{re,max}$;
- максимальной потере воды D_{max}.

Требуемая интенсивность потоотделения Sw_{req} не может превышать максимальной интенсивности потоотделения Sw_{max} субъекта. Требуемая увлажненность кожи w_{req} не может превышать максимальной увлажненности кожи w_{max} субъекта. Эти два максимальных значения являются функцией акклиматизации субъекта.

В случае невозможности поддержания теплового баланса повышение ректальной температуры должно быть ограничено максимальным значением $t_{re,max}$ для того, чтобы вероятность какого-либо патологического влияния была крайне низкой.

Кроме того, независимо от теплового баланса потеря воды должна быть ограничена максимальным значением D_{max} соответствующим сохранению гидроминерального равновесия организма.

В приложении В приведены опорные значения для критериев стресса (w_{max} и Sw_{max}) и нагрузки ($t_{re,max}$ и D_{max}). Различные значения приведены для акклиматизированных и неакклиматизированных субъектов и в соответствии с желаемой степенью защиты (с 50 % или 95 % субъектов, находящихся под воздействием термальной среды).

6.2 Анализ условий труда

Плотность тепловых потоков в момент времени t_i вычисляют на основе состояния организма в предшествующий вычислению момент времени, как функцию климатических и метаболических условий, существовавших за это время.

- Сначала вычисляют требуемую плотность теплового потока за счет испарения (E_{res}), требуемую увлажненность кожи (w_{req}) и требуемую интенсивность потоотделения (Sw_{req}).
- Далее вычисляют прогнозируемую плотность теплового потока за счет испарения (E_p), прогнозируемую увлажненность кожи (w_p) и прогнозируемую интенсивность потоотделения (Sw_p) с учетом максимальных значений (w_{max} и Sw_{max}), а также экспоненциальной зависимости скорости реакции от температуры тела.
- Скорость накопления тепла в организме оценивают по разности между требуемой и прогнозируемой плотностью теплового потока за счет испарения. Это тепло способствует повышению или снижению температуры поверхности кожи и тела. Затем оценивают эти два параметра, а также ректальную температуру.

- На основе полученных значений вычисляют плотности тепловых потоков в следующий момент времени.

В этом случае значения Sw_p и t_{re} вычисляют несколько раз.

Эта процедура позволяет рассматривать не только постоянные условия труда, но также любые условия с климатическими параметрами или характеристиками рабочей нагрузки, изменяющимися во времени.

6.3 Определение максимально допустимого времени пребывания в горячей среде (D_{lim})

Максимально допустимое время пребывания в горячей среде (D_{lim}) может быть получено, когда или ректальная температура, или накопленная (суммарная) потеря воды достигают соответствующего максимального значения.

В условиях труда, для которых:

- максимальная плотность теплового потока за счет испарения с поверхности кожи E_{max} является отрицательной, что приводит к конденсации водяных паров на коже;
- вычисленное допустимое время пребывания в горячей среде составляет менее 30 мин, когда начало потоотделения является основным моментом при определении потери воды от испарения с поверхности кожи субъекта,

должны быть приняты специальные меры предосторожности, а также особенно необходимы постоянные и отдельные наблюдения за физиологическими показателями работников. Условия проведения таких наблюдений и методы измерений установлены в *ГОСТ Р ИСО 9886*.

6.4 Организация работы в горячей среде

Настоящий стандарт позволяет сравнить различные способы организации работ и планирования времени отдыха при необходимости.

Компьютерная программа на языке Quick-BASIC приведена в приложении Е. Данная программа позволяет выполнить расчет и интерпретацию любой комбинации последовательностей, когда известны скорость обмена веществ, параметры термоизоляции одежды и климатические условия.

В приложении F приведены некоторые данные (входные данные и результаты) для использования при валидации компьютерной программы, разработанной на основе модели, представленной в приложении А.

Приложение А
(обязательное)

Данные, необходимые для вычисления теплового баланса

А.1 Диапазоны валидности (применимости) модели

Числовые значения и уравнения, приведенные в данном приложении, соответствуют результатам последних научных исследований. Некоторые из них могут быть откорректированы при появлении новых результатов исследований.

На базе данных восьми научно-исследовательских институтов была проведена валидация алгоритмов на основе данных 747 лабораторных экспериментов и 366 экспериментов в условиях эксплуатации. В таблице А.1 приведены диапазоны условий, в которых может быть проведена валидация модели прогнозирования тепловой нагрузки. Если один или несколько параметров находятся за пределами указанного диапазона, рекомендуется использовать данную модель с осторожностью и обратить особое внимание на людей, подвергаемых воздействию данной среды.

Таблица А.1 — Диапазоны валидности модели прогнозирования тепловой нагрузки

Параметры	Минимальное значение	Максимальное значение
t_a, °С	15	50
p_a, кПа	0	4,5
$t_r - t_a$, °С	0	60
v_a, м/с	0	3
M, Вт	100	450
I_{cl}, кло	0,1	1,0

А.2 Определение плотности дыхательного теплового потока за счет конвекции

Оценка плотности дыхательного теплового потока за счет конвекции может быть вычислена с помощью следующего эмпирического выражения:

$$C_{res} = 0{,}00152M\left(28{,}56 + 0{,}885t_a + 0{,}641p_a\right). \quad (A.1)$$

А.3 Определение плотности дыхательного теплового потока за счет испарения

Оценка плотности дыхательного теплового потока за счет испарения может быть вычислена с помощью следующего эмпирического выражения:

$$E_{res} = 0{,}00127M\left(59{,}34 + 0{,}53t_a - 11{,}63p_a\right). \quad (A.2)$$

А.4 Определение средней температуры кожи в устойчивом состоянии

В климатических условиях, для которых применим настоящий стандарт, оценка средней температуры кожи в устойчивом состоянии может быть рассчитана с помощью следующей эмпирической функции:

Для обнаженного субъекта ($I_{cl} \le 0{,}2$)

$t_{sk,eq\,nu} = 7{,}19 + 0{,}064\,t_a + 0{,}061\,t_r - 0{,}348\,v_a + 0{,}198\,p_a + 0{,}000\,M + 0{,}616\,t_{re}$

Для одетого субъекта ($I_{cl} \ge 0{,}6$)

$t_{sk,eq\,cl} = 12{,}17 + 0{,}020\,t_a + 0{,}044\,t_r - 0{,}253\,v_a + 0{,}194\,p_a + 0{,}005346\,M + 0{,}51274\,t_{re}$

Для значений I_{cl} от 0,2 до 0,6 проводят экстраполяцию среднего значения температуры кожи в устойчивом состоянии между этими двумя значениями:

$$t_{sk,eq} = t_{sk,eq\,nu} + 2{,}5\left(t_{sk,eq\,cl} - t_{sk,eq\,nu}\right)\left(I_{cl} - 0{,}2\right). \quad (A.3)$$

А.5 Определение температуры кожи

Температура кожи $t_{sk,i}$ на момент времени t_i может быть определена:

- по температуре кожи $t_{sk,i-1}$ на момент времени t_{i-1} с добавлением времени;
- по средней температуре кожи в устойчивом состоянии $t_{sk,eq}$, прогнозируемой, исходя из сложившихся условий в течение последнего времени, с использованием уравнений, приведенных в (А.4).

Временная константа реакции кожи на температуру, равная 3 мин, использована в следующем уравнении

$$t_{sk,i} = 0,7165\, t_{sk,i-1} + 0,2835\, t_{sk,eq}. \quad (A.4)$$

А.6 Определение накопления тепла в организме в зависимости от скорости обмена веществ S_{eq}

В нейтральной среде внутренняя температура тела повышается со временем в процессе тренировки как функция скорости обмена веществ, связанная с максимальными аэробными возможностями человека.

Для среднестатистического субъекта можно предположить, что данная равновесная внутренняя температура тела повышается в зависимости от скорости обмена веществ в соответствии со следующим выражением:

$$t_{cr,eq} = 0,0036\,(M - 55) + 36,8. \quad (A.5)$$

Внутренняя температура тела достигает равновесной внутренней температуры тела в соответствии с системой первого порядка с временной константой, равной 10 мин:

$$t_{cr} = 36,8 + \left(t_{cr,eq} - 36,8\right)\left(1 - \exp\frac{-t}{10}\right). \quad (A.6)$$

Данное выражение может быть преобразовано следующим образом:

$$t_{cr,eq\,i} = t_{cr,eq\,i-1} \cdot k + t_{cr,eq} \cdot (1 - k), \quad (A.7)$$

где $k = \exp\left(\frac{-incr}{10}\right)$.

Накопление тепла в организме, связанное с повышением внутренней температуры тела, вычисляют следующим образом:

$$dS_{eq} = c_{sp}\left(t_{cr,eq\,i} - t_{cr,eq\,i-1}\right)(1 - \alpha). \quad (A.8)$$

А.7 Определение характеристик статической термоизоляции одежды

Для обнаженного субъекта в статических условиях без движений воздуха и тела теплообмен ($C + R$) может быть вычислен следующим образом:

$$C + R = \frac{t_{sk} - t_a}{I_{tot\,st}}, \quad (A.9)$$

где статическое тепловое сопротивление для обнаженного субъекта может быть равно 0,111 м^2 К/Вт.

Для одетого субъекта статическое тепловое сопротивление ($I_{tot\,st}$) может быть вычислено следующим образом:

$$I_{tot\,st} = I_{cl\,st} + \frac{I_{a\,st}}{f_{cl}}, \quad (A.10)$$

где отношение площади поверхности тела, покрытого одеждой, к площади поверхности обнаженного тела вычисляют по формуле

$$f_{cl} = 1 + 1,97\, I_{cl\,st}. \quad (A.11)$$

А.8 Определение характеристик динамической термоизоляции одежды

Физическая активность и вентиляция изменяют характеристики термоизоляции одежды и смежного слоя воздуха. Поскольку ветер и движения тела снижают термоизоляцию, она должна быть скорректирована. Поправочный коэффициент для статической термоизоляции одежды и наружного слоя воздуха может быть вычислен с использованием следующих выражений:

$$I_{tot\,dyn} = C_{orr,tot} \cdot I_{tot\,st}; \quad (A.12)$$

$$I_{a\,dyn} = C_{orr,ia} \cdot I_{a\,st}; \quad (A.13)$$

$$C_{orr,tot} = C_{orr,cl} = e^{\left(0,043 - 0,398 v_{ar} + 0,066 v_{ar}^2 - 0,378 v_w + 0,094 v_w^2\right)}. \quad (A.14)$$

Для обнаженного человека или смежного слоя воздуха ($I_{cl} \geq 0,6$ кло)

$$C_{orr,tot} = C_{orr,la} = e^{\left(-0,472 v_{ar} + 0,047 v_{ar}^2 - 0,342 v_w + 0,117 v_w^2\right)} \quad (A.15)$$

и для $0 \leq I_{cl} \leq 0,6$ кло

$$C_{orr,tot} = \left(0,6 - I_{cl}\right) C_{orr,la} + I_{cl} \cdot C_{orr,cl}, \quad (A.16)$$

где v_{ar} ограничено 3 м/с, а v_w ограничено 1,5 м/с.

Если скорость перемещения человека не определена или он стоит, значение v_w вычисляют по формуле

$$v_w = 0,0052(M - 58) \text{ для } v_w \leq 0,7 \text{ м/с}. \quad (A.17)$$

В результате значение $I_{cl\,dyn}$ может быть получено по формуле

$$I_{cl\,dyn} = I_{tot\,dyn} - \frac{I_{a\,dyn}}{f_{cl}}. \quad (A.18)$$

А.9 Определение теплообмена за счет конвекции и излучения

Оценка сухого теплообмена, не учитывающая испарения, может быть получена с использованием следующих уравнений

$$C + R = f_{cl} \cdot \left[h_{cdyn} \cdot \left(t_{cl} - t_a\right) + h_r \cdot \left(t_{cl} - t_r\right)\right]. \quad (A.19)$$

Это уравнение определяет теплообмен между поверхностью одежды и окружающей средой.

$$C + R = \left(\frac{t_{sk} - t_{cl}}{I_{cl\,dyn}}\right). \quad (A.20)$$

Это уравнение определяет теплообмен между кожей и поверхностью одежды.

Оценка динамического теплообмена за счет конвекции h_{cdyn} может быть вычислена как наибольшее значение:

$$2,38\left|t_{sk} - t_a\right|^{0,25}; \quad (A.21)$$

$$3,5 + 5,2\, v_{ar}; \quad (A.22)$$

$$8,7\, v_{ar}^{\,0,6}. \quad (A.23)$$

Оценка теплообмена за счет излучения h_r может быть вычислена с использованием уравнения

$$h_r = 5,67 \cdot 10^{-8} \varepsilon \cdot \frac{A_r}{A_{Du}} \cdot \frac{\left(t_{cl} + 273\right)^4 - \left(t_r + 273\right)^4}{t_{cl} - t_r}. \quad (A.24)$$

Доля поверхности кожи, учитываемая при теплообмене за счет излучения $\frac{A_r}{A_{Du}}$, равна 0,67 для субъекта в согнутом положении, 0,70 — для субъекта в положении сидя и 0,77 — для субъекта в положении стоя.

При использовании светоотражающей одежды h_r должен быть скорректирован с учетом коэффициента $F_{cl,R}$, полученного по формуле

$$F_{cl,R} = \left(1 - A_p\right) 0,97 + A_p \cdot F_r. \quad (A.25)$$

Оба выражения для ($C + R$) используют интерактивным образом для получения t_{cl}.

А.10 Определение максимальной плотности теплового потока при испарении на поверхности кожи E_{max}

Максимальную плотность теплового потока при испарении на поверхности кожи вычисляют по формуле

$$E_{max} = \frac{p_{sk,s} - p_a}{R_{tdyn}}. \quad (A.26)$$

Сопротивление испарению R_{tdyn} вычисляют с использованием следующего уравнения

$$R_{tdyn} = \frac{I_{tot\,dyn}}{\frac{i_{mdyn}}{16.7}}, \quad \textbf{(A.27)}$$

где индекс динамической влагопроницаемости одежды i_{mdyn} равен индексу статической влагопроницаемости одежды i_{mst}, скорректированному с учетом влияния движений воздуха и тела

$$i_{mdyn} = i_{mst} \cdot C_{orr,E}, \quad \text{(A.28)}$$

где $C_{orr,E} = 2{,}6\,C_{orr,tot}^2 - 6{,}5\,C_{orr,tot} + 4{,}9.$ (A.29)

В данном случае i_{mdyn} ограничен значением 0,9.

A.11 Определение прогнозируемой интенсивности потоотделения (Sw_p) и прогнозируемой плотности теплового потока при испарении (E_p)

На рисунке А.1 приведена схема определения прогнозируемой интенсивности потоотделения (Sw_p) и прогнозируемой плотности теплового потока при испарении (E_p).

Данная схема требует следующих пояснений:

R1: когда требуемая плотность теплового потока при испарении E_{req} больше максимальной скорости испарения, предполагают, что кожа становится полностью влажной: w_{req} больше 1. Далее под w_{req} подразумевают толщину слоя воды на коже, а не эквивалентную часть кожи, которая покрывается испариной. Когда теоретическая w_{req} больше 1, эффективность испарения становится меньше.

Для $w_{req} \le 1$ эффективность испарения определяют по формуле $r_{req} = \frac{1 - w_{req}^2}{2}$.

Для $w_{req} \ge 1$ эффективность испарения определяют по формуле $r_{req} = \frac{2 - w_{req}^2}{2}$.

При этом эффективность испарения составляет минимум 5 %. Данное значение получают при теоретической увлажненности кожи, равной 1,684.

R2: реакция интенсивности потоотделения может быть представлена в виде системы первого порядка с временной константой, равной 10 мин. Поэтому прогнозируемая интенсивность потоотделения на момент времени t_j ($Sw_{p,j}$) равна доле k_{Sw} прогнозируемой интенсивности потоотделения на момент времени t_{j-1} ($Sw_{p,j-1}$) с добавлением времени плюс доля ($1 - k_{Sw}$) требуемой интенсивности потоотделения при существующих условиях за прошедший период (Sw_{req}), где k_{Sw} определяют по формуле

$$k_{Sw} = \exp(-incr/10).$$

R3: как указано выше, для вычисления прогнозируемой интенсивности потоотделения допускают, что требуемая увлажненность кожи теоретически больше 1. Поскольку потери тепла при испарении ограничены поверхностью слоя воды, то есть поверхностью тела, прогнозируемая увлажненность кожи не может быть больше 1. Это происходит, когда прогнозируемая интенсивность потоотделения превышает максимальную плотность теплового потока при испарении более чем в два раза.

A.12 Вычисление ректальной температуры

Накопление тепла в организме за прошедший период на момент времени t_j вычисляют по формуле

$$S = E_{req} - E_p + S_{eq}. \quad \text{(A.30)}$$

Накопление тепла в организме приводит к повышению внутренней температуры тела с учетом повышения температуры кожи. Долю массы тела при средней внутренней температуре тела вычисляют по формуле

$$(1-\alpha) = 0{,}7 + 0{,}09(t_{cr} - 36{,}8). \quad \text{(A.31)}$$

Доля массы тела ограничена

0,7 при $t_{cr} < 36{,}8$ °С;

0,9 при $t_{cr} > 39{,}0$ °С.

На рисунке А.2 приведено распределение температуры в теле на моменты времени t_{i-1} и t_i. Исходя из этого, температуру тела на момент времени t_i можно вычислить следующим образом:

$$t_{cr,i} = \frac{1}{1 - \frac{\alpha}{2}}\left[\frac{dS_i}{c_p W_b} + t_{cr\,i-1} - \frac{t_{cr,i-1} - t_{sk\,i-1}}{2}\alpha_{i-1} - t_{sk\,i}\frac{\alpha_i}{2}\right]. \quad \text{(A.32)}$$

Ректальную температуру вычисляют в соответствии со следующим выражением

$$t_{re,i} = t_{re,i-1} + \frac{2\,t_{cr,i} \cdot 1{,}962\,t_{re,i-1} \cdot 1{,}31}{9}. \qquad (A.33)$$

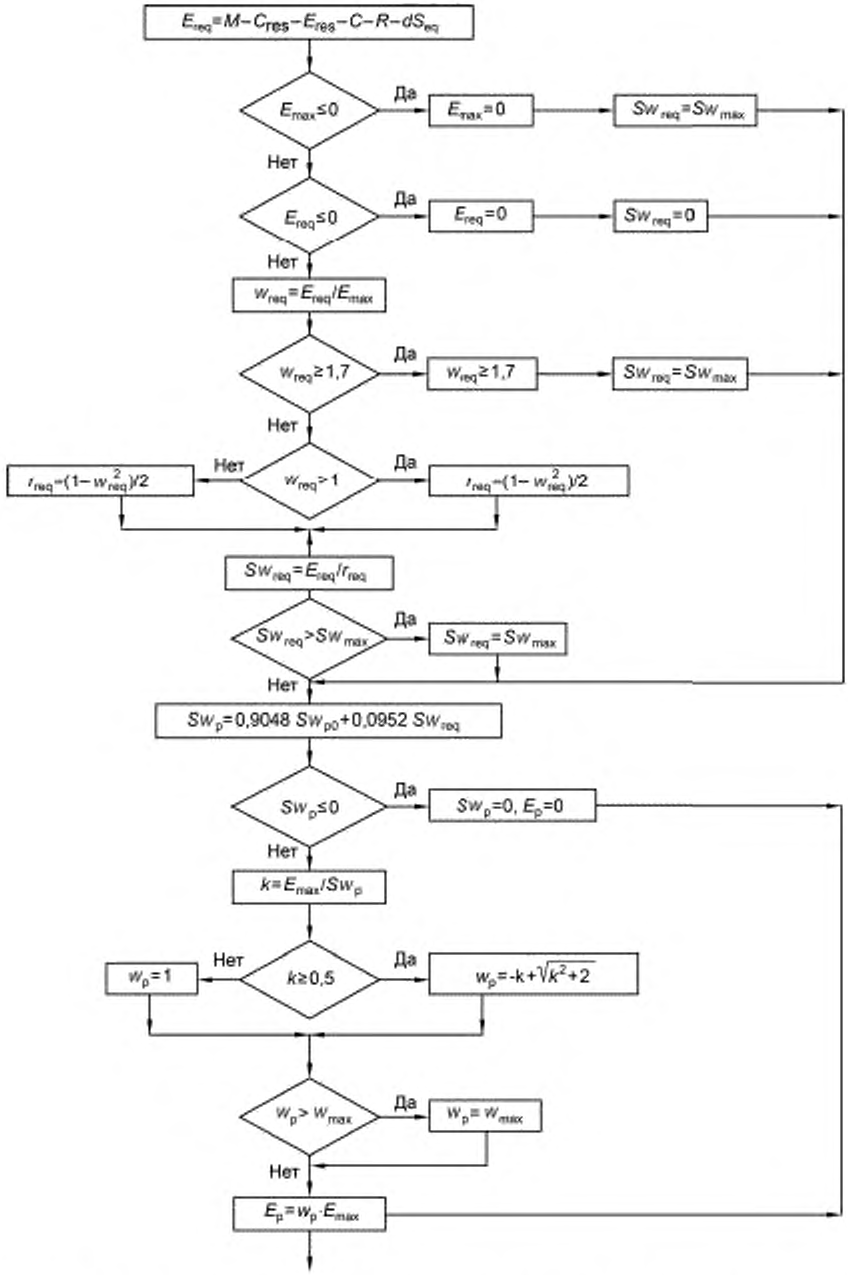


Рисунок А.1 — Схема определения прогнозируемой интенсивности потоотделения (Sw_p) и прогнозируемой плотности теплового потока при испарении (E_p)

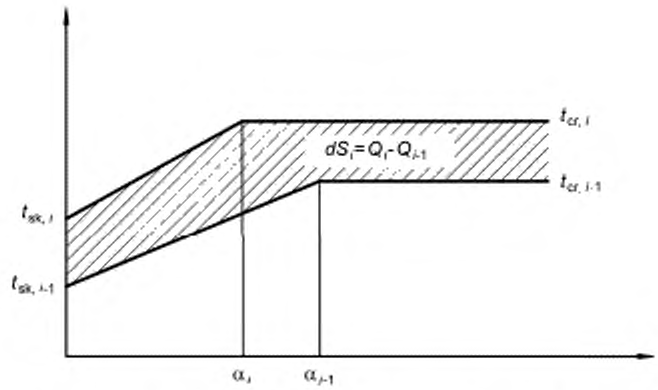


Рисунок А.2 — Распределение температуры в теле на моменты времени t_{i-1} и t_i

Приложение В
(справочное)

Критерии оценки допустимого времени пребывания в горячей среде

В.1 Введение

К физиологическим критериям, используемым для определения максимально допустимого времени пребывания в горячей среде, относят:

- акклиматизированность или неакклиматизированность субъекта;
- максимальную увлажненность кожи w_{max};
- максимальную интенсивность потоотделения Sw_{max};
- рассмотрение процентилей трудоспособного населения уровней 50 % («среднестатистический» или «медианный» субъект) и 95 % (основная совокупность субъектов, подверженных воздействию термальной среды);
- максимальную потерю воды D_{max};
- максимальную ректальную температуру.

В.2 Акклиматизированность и неакклиматизированность субъектов

Акклиматизированные субъекты могут потеть более обильно, более равномерно по поверхности тела и потеют раньше, чем неакклиматизированные субъекты. При работе в горячей среде это приводит к снижению уровня запаса тепла в организме (внутренней температуры тела) и сердечно-сосудистой недостаточности (низкому пульсу). Кроме того, известно, что акклиматизированные субъекты теряют меньше соли через потоотделение и поэтому способны выдержать большую потерю воды.

Эти физиологические различия между акклиматизированными и неакклиматизированными субъектами имеют важное значение при определении w_{max}, Sw_{max}.

В.3 Максимальная увлажненность кожи w_{max}

Максимальная увлажненность кожи имеет значение 0,85 для неакклиматизированных субъектов и 1,0 для акклиматизированных работников.

В.4 Максимальная интенсивность потоотделения Sw_{max}

Максимальная интенсивность потоотделения может быть вычислена с использованием следующих соотношений:

$$Sw_{max} = 2,6\,(M - 32)\,A_{Du},$$

где Sw_{max} — максимальная интенсивность потоотделения, г/ч, из диапазона от 650 до 1000 г/ч,
или

$$Sw_{max} = (M - 32)\,A_{Du},$$

где Sw_{max} — максимальная интенсивность потоотделения, Вт/м^2, из диапазона от 250 до 400 Вт/м^2.

Для акклиматизированных субъектов максимальная интенсивность потоотделения в среднем на 25 % больше, чем для субъектов без акклиматизации.

В.5 Максимальное значение обезвоживания и потери воды

Обезвоживание на 3 % вызывает увеличение частоты сердечных сокращений и снижение чувствительности потоотделения и поэтому принято в качестве максимального значения обезвоживания на производстве (не в армии или у спортсменов). При продолжительности пребывания в горячей среде от 4 до 8 ч коэффициент регидратации составляет 60 % у 50 % субъектов, независимо от общего количества выделенного пота, и более 40 % в 95 % случаев.

На основе этих значений установлена максимально допустимая потеря воды, равная:

- 7,5 % массы тела для 50 % субъектов (D_{max50});
- 5 % массы тела для 95 % субъектов (D_{max95}).

Поэтому при регулярном потреблении воды (DRINK = 1) максимально допустимое время пребывания в горячей среде может быть вычислено на основе максимальной потери жидкости, равной 7,5 % массы тела для 50 % субъектов и 5 % массы тела для 95 % субъектов.

Если не предусмотрено обеспечение питьевой водой (DRINK = 0), общая потеря жидкости в организме должна быть не более 3 %.

В.6 Максимальное значение ректальной температуры

В соответствии с рекомендациями ВОЗ (технический доклад № 412, 1969)[1]: «Обычно на основе ректальной температуры вычисляют время, свыше которого необходимо прервать кратковременное воздействие высокой температуры в лаборатории и не рекомендуется увеличение внутренней температуры тела свыше 38 °С при длительном ежедневном выполнении тяжелых работ».

Если средняя ректальная температура у группы работников в горячей среде равна 38 °С, можно полагать, что вероятность достижения более высокой ректальной температуры для конкретного субъекта ограничена следующими значениями:

- 42,0 °С менее чем 10^{-7} (не более чем один раз в 40 лет, среди 1000 работников) (250 дней в году);
- 39,2 °С менее чем 10^{-4} (не более одного случая на 10 000 смен).

[1] Факторы, влияющие на здоровье в условиях работы при высоких температурах. Доклад научной группы ВОЗ. Серия технических докладов ВОЗ, № 412. Женева, Швейцария, 1969.

Приложение С
(справочное)

Скорость обмена веществ

Методы определения скорости обмена веществ установлены в *ГОСТ Р ИСО 8996*. В таблицах С.1, С.2 и С.3 представлены три способа (от простого к более точному) определения скорости обмена веществ для различных видов деятельности.

Таблица С.1 — Классификация скорости обмена веществ ($Вт/м^2$) по видам деятельности (изменено в соответствии с *ГОСТ Р ИСО 7243*). Приведенные значения установлены для непрерывной работы со средней продолжительностью 60 мин

Класс	Скорость обмена веществ, $Вт/м^2$	Примеры
Отдых	70	Спокойный отдых в положениях сидя, стоя
Очень низкая активность	90	Легкая ручная работа (письмо, печатание, черчение); работа руками (работа с небольшими инструментами на верстаке, осмотр, сборка или сортировка легких материалов)
Низкая активность	115	Работа руками и ногами (управление транспортным средством в нормальных условиях, работа ножным переключателем или педалью); механическая обработка с использованием низковольтных инструментов; легкая прогулка
Умеренная активность	145	Длительная работа кистей и рук (забивание гвоздей, работа напильником); работа руками и ногами (управление самосвалами, тракторами или дорожно-строительными машинами)
От умеренной до высокой активности	175	Работа руками и туловищем; работа пневматическим молотком, сборка трактора, чередующаяся обработка умеренно тяжелого груза, толкание или перемещение волоком легких тележек или тачек, ходьба со скоростью от 4 до 5 км/ч; управление снегоходом
Высокая активность	200	Интенсивная работа руками и туловищем; перенос тяжелого груза; работа лопатой; работа молотом; спил деревьев бензопилой, скашивание травы вручную; рытье траншей; ходьба со скоростью от 5 до 6 км/ч. Толкание или буксирование тяжелогруженых ручных тележек или тачек; обрубка литья; укладка бетонных блоков; управление снегоходом в условиях бездорожья
Очень высокая активность	> 230	Очень интенсивная деятельность от быстрого до максимального темпа; работа топором; интенсивная работа лопатой; подъем по лестницам, рампам или трапам; быстрая ходьба маленькими шагами; бег; ходьба со скоростью более 6 км/ч, прогулка по глубокому рыхлому снегу

Таблица С.2 — Скорость обмена веществ ($Вт/м^2$) в зависимости от задействованной части тела и интенсивности работы этой части тела

Задействованная часть тела	Рабочая нагрузка		
	легкая	средняя	тяжелая
Обе кисти	65	85	95
Одна рука	100	120	140
Обе руки	135	150	165
Туловище	190	255	345

Таблица С.3 — Скорость обмена веществ для типичных видов деятельности

Вид деятельности	Скорость обмена веществ, Вт/м^2
Сон	40
Отдых в позе сидя	55
Отдых в позе стоя	70
Ходьба по твердой горизонтальной поверхности равномерным шагом:	
1) без груза со скоростью:	
- 2 км/ч	110
- 3 км/ч	140
- 4 км/ч	165
- 5 км/ч	200
2) с грузом:	
- 10 кг, 4 км/ч	185
- 30 кг, 4 км/ч	250
Подъем по твердому склону равномерным шагом:	
1) без груза:	
- уклон 5°, 4 км/ч	180
- уклон 15°, 3 км/ч	210
- уклон 25°, 3 км/ч	300
2) с грузом 20 кг:	
- уклон 15°, 4 км/ч	270
- уклон 25°, 4 км/ч	410
Спуск по склону со скоростью 5 км/ч без груза:	
- уклон 5°	135
- уклон 15°	140
- уклон 25°	180
Подъем по лестнице под углом 70°, скорость подъема 11,2 м/мин:	
- без груза	290
- с грузом 20 кг	360
Толкание или перетягивание тележки, скорость движения 3,6 км/ч, гладкий путь, твердая опора:	
усилие толкания — 12 кг	290
усилие перетягивания — 16 кг	375
Толкание тачки, гладкий путь, скорость движения 4,5 км/ч, резиновые шины, масса груза 100 кг	230
Работа напильником:	
- 42 хода напильника в минуту	100
- 60 ходов напильника в минуту	190
Работа молотком, двумя руками, масса молотка 4,4 кг, 15 ударов в минуту	290
Плотницкая работа:	
- работа ручной пилой	220
- работа механической пилой	100
- обтесывание	300
Кладка кирпича, пять кирпичей в минуту	170

Окончание таблицы С.3

Вид деятельности	Скорость обмена веществ, Вт/м^2
Завинчивание винтов	100
Рытье траншей	290
Работа с механическим инструментом:	
- легкая (наладка, сборка)	100
- средняя (загрузка заготовок)	140
- тяжелая	210
Работа с ручным инструментом:	
- легкая (легкая полировка)	100
- средняя (полировка)	160
- тяжелая (тяжелое сверление)	230

Приложение D
(справочное)

Теплоизоляционные свойства одежды

D.1 Общие положения

Должны быть рассмотрены следующие теплоизоляционные свойства одежды:
- термоизоляция;
- отражения теплового излучения;
- проницаемость водяного пара.

D.2 Термоизоляция

Значения коэффициента термоизоляции выражают в кло. В таблице D.1 приведены значения базового коэффициента термоизоляции некоторых комплектов одежды.

Таблица D.1 — Значения базового коэффициента термоизоляции некоторых комплектов одежды

Комплект одежды	I_{cl}, кло
Шорты, рубашка с коротким рукавом, подходящие брюки, высокие носки (гольфы), обувь	0,5
Трусы, рубашка, облегающие брюки, носки, обувь	0,6
Трусы, рабочий комбинезон, носки, обувь	0,7
Трусы, рубашка, рабочий комбинезон, носки, обувь	0,8
Трусы, рубашка, брюки, рабочий халат, носки, обувь	0,9
Шорты, майка, трусы, рубашка, комбинезон, высокие носки (гольфы), обувь	1,0
Трусы, майка, рубашка, брюки, куртка, жилет, носки, обувь	1,1

D.3 Отражение теплового излучения

В таблице D.2 приведены значения коэффициента отражения (F_r) для различных материалов с алюминиевым покрытием для отражения теплового излучения.

Таблица D.2 — Значения коэффициента отражения (F_r) для различных материалов

Материал	Покрытие	F_r
Хлопок	с алюминиевой краской	0,42
Вискоза	с глянцевой алюминиевой фольгой	0,19
Арамид (кевлар)	с глянцевой алюминиевой фольгой	0,14
Шерсть	с глянцевой алюминиевой фольгой	0,12
Хлопок	с глянцевой алюминиевой фольгой	0,04
Вискоза	вакуумное металлизированное с алюминием	0,06
Арамид	вакуумное металлизированное с алюминием	0,04
Шерсть	вакуумное металлизированное с алюминием	0,05
Хлопок	вакуумное металлизированное с алюминием	0,05
Стекловолокно	вакуумное металлизированное с алюминием	0,07

Снижение происходит только для части тела, покрытой светоотражающей одеждой. В таблице D.3 приведены данные для определения A_p для части поверхности тела, покрытой светоотражающей одеждой.

Таблица D.3 — Отношение площади части тела к общей поверхности тела

Часть тела	A_p
Голова и лицо	0,07
Грудная клетка и живот	0,175
Спина	0,175
Руки	0,14
Кисти рук	0,05
Бедра	0,19
Ноги	0,13
Стопы	0,07

D.4 Проницаемость водяного пара

На сопротивление одежды испарению влаги сильно влияет способность материалов пропускать водяные пары при определенном давлении, поэтому сопротивление испарению может быть определено с помощью индекса статической влагопроницаемости (i_{mst}). Поскольку настоящий стандарт не распространяется на специальную одежду, среднее значение i_{mst} может быть принято равным 0,38.

Приложение Е
(справочное)

Компьютерная программа для проведения расчетов в соответствии с моделью прогнозирования тепловой нагрузки

Е.1 Общие положения

Соответствие между обозначениями, приведенными в таблице 1, и обозначениями, используемыми в компьютерной программе, представлено в таблице Е.1.

Электронную версию данной программы для проведения расчетов в соответствии с моделью прогнозирования тепловой нагрузки можно получить по следующей ссылке: gost.e-ecolog.ru ew/Download/iso7933n.txt.

Таблица Е.1 — Соответствие между обозначениями, приведенными в таблице 1, и обозначениями, используемыми в компьютерной программе

Обозначение в таблице 1	Обозначение в программе	Обозначение в таблице 1	Обозначение в программе	Обозначение в таблице 1	Обозначение в программе
—	defspeed	E_{req}	Ereq	t	t
—	defdir	E_{res}	Eres	t_a	Ta
α	—	f_{cl}	fcl	t_{cl}	Tcl
α_j	TskTcrwg	$F_{cl,K}$	FclR	t_{cr}	Tcr
α_{j-1}	TskTcrwg0	F_r	Fr	$t_{cr,eqm}$	Tcreqm
ε	—	H_b	height	$t_{cr,eq\ i}$	Tcreq
θ	Theta	h_{cdyn}	Hcdyn	$t_{cr,eq\ i-1}$	Tcreq0
A_{Du}	Adu	h_r	Hr	$t_{cr,i}$	Tcr
A_p	Ap	$I_{a\ st}$	Iast	$t_{cr,i-1}$	Tcr0
A_r	Ardu	$I_{cl\ st}$	Iclst	t_{ex}	Texp
C	Conv	I_{cl}	Icl	t_r	Tr
c_e	—	$I_{tot\ st}$	Itotst	t_{re}	—
$C_{orr,cl}$	CORcl	$I_{a\ dyn}$	Iadyn	$t_{re,max}$	—
$C_{orr,Ia}$	CORia	$I_{cl\ dyn}$	Icldyn	$t_{re,i}$	Tre
$C_{orr,tot}$	CORtot	$I_{tot\ dyn}$	Itotdyn	$t_{re,i-1}$	Tre0
$C_{orr,E}$	CORe	i_{mst}	imst	$t_{sk,eq}$	Tskeq
c_p	—	i_{mdyn}	imdyn	$t_{sk,eq\ nu}$	Tskeqnu
C_{res}	Cres	incr	Incr	$t_{sk,eq\ cl}$	Tskeqcl
c_{sp}	spHeat	K	—	$t_{sk,i}$	Tsk
D_{lim}	Dlim	M	Met	$t_{sk,i-1}$	Tsk0
$D_{lim\ tre}$	Dlimtre	p_a	Pa	V	—
$D_{limloss50}$	Dlimloss50	$p_{sk,s}$	Psk	v_a	Va
$D_{limloss95}$	Dlimloss95	R	Rad	v_w	Walksp
D_{max}	Dmax	r_{req}	Eveff	v_{ar}	Var
D_{max50}	Dmax50	R_{tdyn}	Rtdyn	w	w
D_{max95}	Dmax95	S	—	W	Work
DRINK	DRINK	S_{eq}	—	W_a	—
dS_i	dStorage	Sw_{max}	SWmax	W_b	Weight
dS_{eq}	dStoreq	Sw_p	—	W_{ex}	—
E	—	$Sw_{p,i}$	SWp	w_{max}	wmax
E_{max}	Emax	$Sw_{p,i-1}$	SWp0	w_p	wp
E_p	Ep	Sw_{req}	SWreq	w_{req}	wreq

Е.2 Программа

```
' ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ
CLS
'       Пользователь должен убедиться в том, что на данный момент в программе
'       доступны следующие параметры.
'       Стандартные значения должны быть заменены фактическими значениями
'       при необходимости.
'       Обеспечение питьевой водой должно быть регулярным, чтобы работники
'       могли свободно потреблять воду (DRINK=1), в противном случае должно
'       быть использовано значение DRINK=0
        weight = 75: 'масса тела, кг
        height  = 1.8: 'рост человека, м
        Adu = .202 * weight ^ .425 * height ^ .725
        api-heat = 57.83 * weight / Adu
        SWp = 0
        SWtot = 0: Tre = 36.8: Tcr = 36.8: Tsk = 34.1: Tcreq = 36.8: TskTcreg = .3
        Dlimtre = 0: Dlimloss50 = 0: Dlimloss95 = 0
        Dmax50 = .075 * weight * 1000
        Dmax95 = .05 * weight * 1000
' ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНЫЕ ВЗВЕШЕННЫЕ КОНСТАНТЫ
' Внутренняя температура тела как функция скорости обмена веществ:
' временная константа: 10 мин
        CoreTaq = EXP(-1 / 10)
' Температура кожи: временная константа: 3 мин
        CoreTsk = EXP(-1 / 3)
' Интенсивность потоотделения: временная константа: 10 мин
        CoreSW = EXP(-1 / 10)
Duration = 480: 'продолжительность последовательности работы, мин
FOR time = 1 TO Duration
' ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ МИНИМИН
Tsk0 = Tsk: Tre0 = Tre: Tcr0 = Tcr: Tcreq0 = Tcreq: TskTcreg0 = TskTcreg
' ВВОД НАЧАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ
' Пользователь должен убедиться в том, что на данный момент в программе
' доступны следующие параметры. Для того чтобы пользователь мог
' быстро протестировать программу, в настоящем стандарте (приложение Е)
' приведены данные для первого случая.
Ta = 40: 'температура воздуха, °С
Tr = 40: 'средняя температура излучения, °С
Pa = 2.5: 'парциальное давление водяного пара, кПа
Va = .3: 'скорость движения воздуха, м/с
Met = 150: 'скорость обмена веществ, Вт/м2
Work = 0: 'эффективная механическая мощность, Вт/м2
Tbsa поза = 1 сидя, = 2 стоя, = 3 согнутое положение
поза = 2
Icl = .5: 'статическая термоизоляция, кло
Imst = .38: 'индекс статической влагопроницаемости, безразмерная величина
Ap = .54: 'часть поверхности тела, покрытая
        'светоотражающей одеждой, безразмерная величина
```

```
Fr = .97: 'коэффициент излучения светоотражающей одежды, безразмерная величина
        '(по умолчанию: Fr=0.97)
'Ardu безразмерная величина
defspeed = 0: 'код =1, если введена скорость перемещения человека,
        '0 в противном случае
Walksp = 0: 'скорость перемещения человека, м/с
defdir = 0: 'код =1, если введено направление перемещения человека,
        '0 в противном случае
THETA = 0: 'угол между направлением движения и направлением ветра, °С
accl = 100: 'код =100, если акклиматизированный субъект, 0 в противном случае
' Эффективная зона облучения тела
        IF posture = 1 THEN Ardu = .7
        IF posture = 2 THEN Ardu = .77
        IF posture = 3 THEN Ardu = .67
' ОЦЕНКА МАКСИМАЛЬНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ПОТООТДЕЛЕНИЯ
' КАК ФУНКЦИИ СКОРОСТИ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ
        SWmax = (Met - 32) * Ardu
        IF SWmax > 400 THEN SWmax = 400
        IF SWmax < 250 THEN SWmax = 250
' Для акклиматизированных субъектов (accl=100) максимальная интенсивность
' потоотделения больше на 25%
IF accl >= 50 THEN SWmax = SWmax * 1.25
IF accl < 50 THEN Wmax = .65 ELSE Wmax = 1
' РАВНОВЕСНАЯ ВНУТРЕННЯЯ ТЕМПЕРАТУРА ТЕЛА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ
' СКОРОСТИ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ
        Tcreqm = .0036 * (Met-55) + 36.6
' Внутренняя температура тела в данную минуту при использовании
' экспоненциального усреднения
        Tcreq = Tcreq0 * ConstTeq + Tcreqm * (1 - ConstTeq)
' Накопление тепла, связанное с повышением вычисленной внутренней
' температуры тела за последнюю минуту
        dStcreq = spHeat * (Tcreq - Tcreq0) * (1 - TskTcreq0)
' ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ КОЖИ
' Температура кожи в устойчивом состоянии
' Для одетого субъекта
        Tskeqcl = 12.165 + .02017 * Ta + .04361 * Tr + .19354 * Pa - .25315 * Va
        Tskeqcl = Tskeqcl + .005346 * Met + .51274 * Tre
' Для обнаженного субъекта
        Tskeqnu = 7.191 + .064 * Ta + .081 * Tr + .196 * Pa - .348 * Va
        Tskeqnu = Tskeqnu + .615 * Tre
' Значение в данную минуту как функция термоизоляции одежды
        IF Icl >= .6 THEN Tskeq = Tskeqcl: GOTO Tsk
        IF Icl <= .2 THEN Tskeq = Tskeqnu: GOTO Tsk
' Интерполяция между значениями для одетого и обнаженного субъектов,
' если 0.2 < clo < 0.6
        Tskeq = Tskeqnu + 2.5 * (Tskeqcl - Tskeqnu) * (Icl - .2)
' Температура кожи в данную минуту при использовании
' экспоненциального усреднения
```

```
Tsk:
        Tsk = Tsk0 * ConstTsk + Tskeq * (1 - ConstTsk)
' Давление насыщенного водяного пара при температуре поверхности кожи
        Psk = .6105 * EXP(17.27 * Tsk / (Tsk + 237.3))
' ВЛИЯНИЕ ОДЕЖДЫ НА КОЭФФИЦИЕНТЫ ТЕПЛООБМЕНА
' Коэффициент статической термоизоляции одежды
        Iclst = Icl * .155
' Доля площади поверхности тела, покрытого одеждой
        fcl = 1 + .3 * Icl
' Коэффициент статической термоизоляции пограничного слоя воздуха
Iast = .111
' Коэффициент полной статической термоизоляции
        Itotst = Iclst + Iast / fcl
' Относительная скорость движения воздуха и перемещения человека
        IF defspeed > 0 THEN
                IF defdir = 1 THEN
                ' Однонаправленное перемещение человека
                        Var = ABS(Va - Walksp * COS(3.14159 * THETA / 180))
                ELSE
                ' Всенаправленное перемещение человека
                        IF Va < Walksp THEN Var = Walksp ELSE Var = Va
                END IF
        ELSE
                ' Стационарная или неопределенная скорость перемещения человека
                Walksp = .0052 * (Met - 58): IF Walksp > .7 THEN Walksp = .7
                Var = Va
        END IF
' Коэффициент динамической термоизоляция одежды
' Поправочный коэффициент для термоизоляции одежды вследствие ветра (Var) и
' перемещения человека (Walksp)
        Vaux = Var: IF Var > 3 THEN Vaux = 3
        Waux = Walksp: IF Walksp > 1.5 THEN Waux = 1.5
        CORcl = 1.044 * EXP((.066 * Vaux - .398) * Vaux + (.094 * Waux - .378) * Waux)
        IF CORcl > 1 THEN CORcl = 1
        CORia = EXP((.047 * Var - .472) * Var + (.117 * Waux - .342) * Waux)
        IF CORia > 1 THEN CORia = 1
        CORtot = CORcl
        IF Icl <= .6 THEN CORtot = ((.6 - Icl) * CORia + Icl * CORcl) / .6
        Itotdyn = Itotst * CORtot
        IAdyn = CORia * Iast
        Icldyn = Itotdyn - IAdyn / fcl
' Индекс влагопроницаемости
' Поправочный коэффициент для индекса влагопроницаемости вследствие ветра и
' перемещения человека
        CORe = (2.6 * CORtot - 8.5) * CORtot + 4.9
        Imdyn = Imst * CORe: IF Imdyn > .9 THEN Imdyn = .9
' Динамическое сопротивление испарению влаги
        Rtdyn = Itotdyn / Imdyn / 16.7
```

```
' ТЕПЛООБМЕН
' Теплообмен через дыхательные пути за счет конвекции и испарения
        ' температура выдыхаемого воздуха
        Texp = 29.56 + .116 * Ta + .641 * Pa
        Cres = .001515 * Met * (Texp - Ta)
        Eres = .00127 * Met * (59.34 + .53 * Ta - 11.63 * Pa)
' Средняя температура одежды: Tcl
' Динамический коэффициент теплопередачи за счет конвекции
        Z = 3.5 + 5.2 * Var
        IF Var > 1 THEN Z = 8.7 * Var ^ .6
        Hcdyn = 2.38 * ABS(Tsk - Ta) ^ .25
        IF Z > Hcdyn THEN Hcdyn = Z
        fcusR = 5.67E-08 * Ardu
        FclR = (1 - Ap) * .97 + Ap * Fr
        Tcl = Tr + .1
Tcl:
' Коэффициент теплопередачи за счет излучения
        Hr = FclR * fcusR * ((Tcl + 273) ^ 4 - (Tr + 273) ^ 4) / (Tcl - Tr)
        Tcl1 = ((Icl * (Hcdyn * Ta + Hr * Tr) + Tsk / Icldyn)) / (Icl * (Hcdyn + Hr) + 1 / Icldyn)
        IF ABS(Tcl - Tcl1) > .001 THEN
                Tcl = (Tcl + Tcl1) / 2
                GOTO Tcl
        END IF
' Теплообмен за счет конвекции и излучения
        Conv = Icl * Hcdyn * (Tcl - Ta)
        Rad = Icl * Hr * (Tcl - Tr)
' Максимальный тепловой поток за счет испарения
        Emax = (Psk - Pa) / Rtdyn
' Требуемый тепловой поток за счет испарения
        Ereq = Met - dStoreq - Work - Cres - Eres - Conv – Rad
' ИНТЕРПРЕТАЦИЯ
' Требуемая увлажненность кожи
        wreq = Ereq / Emax
' Требуемая интенсивность потоотделения
'       Если требуемая плотность теплового потока за счет испарения меньше
'       или равна 0: потоотделение отсутствует
        IF Ereq <= 0 THEN Ereq = 0: SWreq = 0: GOTO SWp
'       Если максимальная плотность теплового потока за счет испарения меньше
'       или равна 0: интенсивность потоотделения - максимальная
        IF Emax <= 0 THEN Emax = 0: SWreq = SWmax: GOTO SWp
'       Если требуемая увлажненность кожи больше 1.7:
'       интенсивность потоотделения - максимальная
        IF wreq >= 1.7 THEN wreq = 1.7: SWreq = SWmax: GOTO SWp
'       Требуемая эффективность испарения
        Eveff = (1 - wreq ^ 2 / 2)
        IF wreq > 1 THEN Eveff = (2 - wreq) ^ 2 / 2
        SWreq = Ereq / Eveff
        IF SWreq > SWmax THEN SWreq = SWmax
```

```
SWp:
' Прогнозируемая интенсивность потоотделения при использовании
' экспоненциального усреднения
        SWp = SWp * ConstSW + SWreq * (1 - ConstSW)
        IF SWp <= 0 THEN Ep = 0: SWp = 0: GOTO Storage
' Прогнозируемый тепловой поток за счет испарения
        k = Emax / SWp
        wp = 1
        IF k >= .5 THEN wp = -k + SQR(k * k + 2)
        IF wp > Wmax THEN wp = Wmax
        Ep = wp * Emax
' Накопление тепла в организме
Storage:
        dStorage = Ereq - Ep + dStoreq
' ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВНУТРЕННЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕЛА
        Tcr1 = Tcr0
TskTcr:
' Доля массы тела при определенной температуре поверхности кожи
        TskTcrwg = .9 - .09 * (Tcr1 - 36.8)
        IF TskTcrwg > .9 THEN TskTcrwg = .9
        IF TskTcrwg < .1 THEN TskTcrwg = .1
        Tcr = dStorage / spHeat + Tsk0 * TskTcrwg0 / 2 - Tsk * TskTcrwg / 2
        Tcr = (Tcr + Tcr0 * (1 - TskTcrwg0 / 2)) / (1 - TskTcrwg / 2)
        IF ABS(Tcr - Tcr1) > .001 THEN
        Tcr1 = (Tcr1 + Tcr) / 2: GOTO TskTcr
END IF
' ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕКТАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ
        Tre = Tre0 + (2 * Tcr - 1.962 * Tre0 - 1.31) / 9
        IF Dlimtre = 0 AND Tre >= 38 THEN Dlimtre = time
' Коэффициент полной потери воды в минуту (Вт/м²)
        SWtot = SWtot + SWp + Eres
        SWtotg = SWtot * 2.67 * Adu / 1.8 / 60
        IF Dlimloss50 = 0 AND SWtotg >= Dmax50 THEN Dlimloss50 = time
        IF Dlimloss95 = 0 AND SWtotg >= Dmax95 THEN Dlimloss95 = time
        IF DRINK =0 then Dlimloss95 = Dlimloss95 * 0.8: Dlimloss50 = Dlimloss95
' Конец цикла по продолжительности
NEXT time
' Вычисление Dlim
        IF Dlimloss50 = 0 THEN Dlimloss50 = Duration
        IF Dlimloss95 = 0 THEN Dlimloss95 = Duration
        IF Dlimtre = 0 THEN Dlimtre = Duration
PRINT "tre="; Tre
PRINT "SWtotg="; SWtotg
PRINT "Dlimtre="; Dlimtre
PRINT "Dlimloss50="; Dlimloss50
PRINT "Dlimloss95="; Dlimloss95
END
```

Приложение F
(обязательное)

Примеры расчетов в соответствии с моделью прогнозирования тепловой нагрузки

В данном приложении приведены входные данные и результаты вычислений для десяти различных условий труда. Эти данные должны быть использованы для проверки каждой версии программы, подготовленной в соответствии с приложением Е, на корректность результатов с точностью вычислений до 0,1 °С для прогнозируемой ректальной температуры и 1 % для потери воды.

Приведенные десять различных условий труда были выбраны для тестирования всех компонентов программы.

Параметры (единица измерения)	Примеры условий труда									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Акклиматизированность	Да	Да	Да	Нет	Нет	Да	Нет	Нет	Да	Да
Положение	Стоя	Стоя	Стоя	Стоя	Сидя	Сидя	Стоя	Стоя	Стоя	Стоя
t_a (°С)	40	35	30	28	35	43	35	34	40	40
p_a (кПа)	2,5	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
t_r (°С)	40	35	50	58	35	43	35	34	40	40
v_a (м/с)	0,3	0,3	0,3	0,3	1,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
M (Вт/м^2)	150	150	150	150	150	103	206	150	150	150
I_{cl} (кло)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	0,4	0,4
Θ (градусы)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90
Скорость перемещения (м/с)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
t_{re} (°С)	37,5	39,8	37,7	41,2	37,6	37,3	39,2	41,0	37,5	37,6
Потеря воды (г)	6168	6935	7166	5807	3892	6763	7236	5548	6684	5379
$D_{lim\,tre}$ (мин)	480	74	480	57	480	480	70	67	480	480
$D_{limloss50}$ (мин)	439	385	380	466	480	401	372	480	407	480
$D_{limloss95}$ (мин)	298	256	258	314	463	271	247	318	276	339

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочных национальных стандартов международным стандартам, использованным в качестве ссылочных в примененном международном стандарте

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного национального стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего международного стандарта
ГОСТ Р ИСО 7243—2007	IDT	ISO 7243:1989 «Термальная среда. Расчет тепловой нагрузки на работающего человека, основанный на показателе WBGT (температура влажного шарика психрометра)»
ГОСТ Р ИСО 8996—2008	IDT	ISO 8996:2004 «Эргономика термальной среды. Определение скорости обмена веществ»
ГОСТ Р ИСО 9886—2008	IDT	ISO 9886:2004 «Эргономика. Оценка температурной нагрузки на основе физиологических измерений»
ГОСТ Р ИСО 13732-1—2015	IDT	ISO 13732-1:2006 «Эргономика термальной среды. Методы оценки реакции человека при контакте с поверхностями. Часть 1. Горячие поверхности»
Примечание — В настоящей таблице использовано следующее условное обозначение степени соответствия стандартов: - IDT — идентичные стандарты.		

УДК 331.433:006.354 ОКС 13.180

Ключевые слова: эргономика, термальная среда, тепловая нагрузка, тепловой поток, уравнение теплового баланса, внутренняя температура тела, интенсивность потоотделения

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Е.Р. Ароян*
Компьютерная верстка *Ю.В. Половой*

Сдано в набор 23.07.2019. Подписано в печать 29.07.2019. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 4,19. Уч.-изд. л. 3,76.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ИД «Юриспруденция», 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, 11.
www.jurisizdat.ru gost.e-ecolog.ru

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru