ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО 11399— 2007

ЭРГОНОМИКА ТЕПЛОВОЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Принципы и применение признанных международных стандартов

ИСО 11399:1995
Ergonomics of the thermal environment — Principles and application of relevant International Standards (IDT)

Издание официальное

БЗ 6—2007/170

Москва
Стандартинформ
2008

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Научно-исследовательским центром контроля и диагностики технических систем на основе собственного аутентичного перевода стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Управлением технического регулирования и стандартизации Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20 декабря 2007 г. № 385-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту ИСО 11399:1995 «Эргономика тепловой окружающей среды. Принципы и применение признанных международных стандартов» (ИСО 11399:1995 «Ergonomics of the thermal environment — Principles and application of relevant International Standards»).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочных международных стандартов соответствующие им национальные стандарты, сведения о которых приведены в дополнительном приложении С

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты.» Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте национального органа Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2008

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 Эргономика тепловой окружающей среды. Принципы . . . 2
4 Использование признанных международных стандартов для оценки тепловой окружающей среды . . . 2
4.1 Общие требования . . . 2
4.2 Горячая окружающая среда . . . 2
4.3 Умеренная окружающая среда . . . 2
4.4 Холодная окружающая среда . . . 3
4.5 Контакт с твердыми поверхностями . . . 3
5 Описание международных стандартов для оценки горячей окружающей среды . . . 4
5.1 ИСО 7243 . . . 4
5.2 ИСО 7933 . . . 5
6 Описание международных стандартов для оценки умеренной тепловой окружающей среды . . . 6
6.1 ИСО 7730 . . . 6
7 Описание международного стандарта для оценки холодной окружающей среды . . . 7
7.1 ИСО/ТО 11079 . . . 7
8 Описание международных стандартов для оценки соприкосновения кожи с твердыми поверхностями . . . 8
9 Описание вспомогательных и дополнительных международных стандартов . . . 9
9.1 Общие требования . . . 9
9.2 ИСО 7726 . . . 9
9.3 ИСО 10551 . . . 9
9.4 ИСО 9886 . . . 10
9.5 ИСО 8996 . . . 11
9.6 ИСО 9920 . . . 11
9.7 ИСО 12894 . . . 12
10 Описание будущих международных стандартов . . . 14
10.1 Общие требования . . . 14
10.2 Контакт кожи с горячими, умеренными и холодными поверхностями . . . 14
10.3 Применение международных стандартов . . . 14
10.4 Дополнительные стандарты . . . 14
Приложение А (справочное) Эргономика тепловой среды. Принципы оценки . . . 15
Приложение В (справочное) Эргономика тепловой среды: будущие международные стандарты . . . 18
Приложение С (справочное) Сведения о соответствии национальных стандартов Российской Федерации ссылочным международным стандартам . . . 19

Введение

Настоящий стандарт входит в серию стандартов, которые определяют методы измерения и оценки горячих, умеренных или холодных тепловых окружающих сред. В настоящем стандарте рассматриваются основные принципы оценки реакции человека на тепловую окружающую среду в целом и, в частности, принципы, используемые при разработке каждого международного стандарта. В настоящем стандарте также рассматриваются вопросы взаимосвязи между стандартами и использования этих стандартов с целью дополнения друг друга при выполнении оценки всего диапазона тепловой окружающей среды.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЭРГОНОМИКА ТЕПЛОВОЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Принципы и применение признанных международных стандартов

Ergonomics of the thermal environment.
Principles and application of relevant international standards

Дата введения — 2008—06—01

1 Область применения

Настоящий стандарт предназначен для определения информации, которая обеспечит правильное, эффективное и практическое использование международных стандартов по вопросам эргономики тепловой окружающей среды.

Настоящий стандарт включает в себя:

a) описание каждого признанного международного стандарта и описание дополнительного метода, с помощью которого эти стандарты можно использовать для эргономической оценки тепловой окружающей среды;

b) описание основных принципов, использованных в каждом признанном международном стандарте;

c) описание основных принципов по вопросам эргономики тепловой окружающей среды.

Настоящий стандарт используется для области применения, охваченной международными стандартами, перечисленными в разделе 2. Эти стандарты регулируют требования к тепловой окружающей среде в пределах всего спектра эргономических исследований.

Информации, представленной в настоящем стандарте, недостаточно для полной оценки тепловых окружающих сред. Для этой цели должен использоваться соответствующий международный стандарт (см. раздел 2).

2 Нормативные ссылки

В настоящий стандарт вошли положения из следующих стандартов, на которые в тексте даны ссылки. На момент публикации указанные издания были действующими. Все стандарты подлежат пересмотру, а сторонам, использующим настоящий стандарт, рекомендуется изучить возможность применения самых последних выпусков стандартов, указанных ниже. Члены МЭК и ИСО поддерживают реестры действующих в настоящее время международных стандартов.

ИСО 7243:1989 Горячая среда. Оценка теплового перегрева работающего человека, основанная на индексе WBGT (температура влажного шарика психрометра)

ИСО 7726:1998 Тепловая среда. Инструменты для измерения физических величин

ИСО 7730:2005 Умеренная тепловая среда. Определение индексов PMV и PPD и параметров состояний теплового комфорта

ИСО 7933:2004 Горячая среда. Аналитическое определение и интерпретация теплового поражения с использованием вычислений коэффициента потоотделения

ИСО 8996:2004 Эргономика. Определение выделения метаболического тепла

ИСО 9886:2004 Оценка теплового перегрева с помощью физиологических измерений

ИСО 9920:2007 Эргономика тепловой среды. Оценка теплоизоляции и испаряющего сопротивления комплекта одежды

Издание официальное

ИСО 10551:1995 Эргономика тепловой среды. Оценка влияния тепловой среды с использованием шкал субъективных оценок

ИСО/ТО 11079:1993 Оценка холодной среды. Определение расчетной величины требуемой теплоизоляции одежды (IREC)

ИСО 12894:2001 Эргономика тепловой среды. Медицинское наблюдение за людьми, находящимися в экстремально жаркой или холодной среде

ИСО 13732-1:2006 Эргономика тепловой среды. Методы оценки реакции человека при контакте с поверхностями. Часть 1. Горячие поверхности

ИСО/ТУ 13732-2:2001 Эргономика тепловой среды. Методы оценки реакции человека при контакте с поверхностями. Часть 2. Контакт человека с поверхностями при умеренной температуре

ИСО 13732-3:2005 Эргономика тепловой среды. Методы оценки реакции человека при контакте с поверхностями. Часть 3. Холодные поверхности

ИСО/ТУ 14505-1:2007 Эргономика тепловой среды. Оценка тепловых сред в транспортных средствах. Часть 1. Принципы и методы оценки теплового напряжения

ИСО 14505-2:2006 Эргономика тепловой среды. Оценка тепловых сред в транспортных средствах. Часть 2. Определение эквивалентной температуры

ИСО 14505-3:2006 Эргономика тепловой среды. Оценка тепловых сред в транспортных средствах. Часть 3. Оценка теплового комфорта с использованием человеческих субъектов

3 Эргономика тепловой окружающей среды. Принципы

Для проведения эргономических исследований тепловой окружающей среды требуется понимание множества основных понятий и принципов описания реакции человека на тепловую окружающую среду и методы измерения. Особую важность имеют основные параметры, которые описывают тепловую окружающую среду обитания человека. К ним относятся температура воздуха, средняя температура излучения, влажность, скорость перемещения воздуха, теплоизоляция одежды и выделение метаболического тепла. К другим важным понятиям и условиям относятся терморегуляция организма, теплопередача, уравнение теплового баланса, прямые, эмпирические и рациональные тепловые индексы, акклиматизация, температура внутри тела и кожных покровов, температура поверхностей, тепловое ощущение и тепловой комфорт, потливость кожи, производные параметры, требуемая скорость потоотделения, требуемая теплоизоляция одежды и другие. Некоторые из указанных терминов используются, а некоторые объясняются в соответствующих международных стандартах.

Примечание — В приложении А приведено описание принципов, лежащих в основе эргономики тепловой окружающей среды, и использования вышеупомянутых понятий.

4 Использование признанных международных стандартов для оценки тепловой окружающей среды

4.1 Общие требования

Для оценки воздействия на человека горячей, умеренной и холодной окружающей среды возможно интегрированное использование признанных международных стандартов по вопросам эргономики тепловой окружающей среды. Общие требования приведены в таблицах 1 и 2 и описаны ниже.

4.2 Горячая окружающая среда

Для оценки горячей окружающей среды использование ИСО 7243 обеспечивает простой, быстрый метод оценки, основанной на индексе температуры влажного шарика психрометра (индекс WBGT). В случае превышения справочных значений индекса WBGT или необходимости более детального анализа аналитический метод для оценки окружающей среды обеспечивает ИСО 7933. Если требуются субъективные оценки людей, тогда следует провести физиологические измерения по ИСО 9886.

Международные стандарты, описанные в разделе 9, будут служить дополнением для оценки горячей окружающей среды.

4.3 Умеренная окружающая среда

ИСО 7730 позволяет вычислять PMV и PPD, а следовательно, проводить оценку умеренной окружающей среды. Среднее тепловое восприятие и индивидуальные различия в реакции можно связать с тепловым комфортом и степенью тепловой неудовлетворенности. Возможно также определение условий, которые создают (средний) тепловой комфорт. Индивидуальные ответы можно также получить, используя субъективное измерение по ИСО 10551. Где возможно, при оценке умеренной окружающей среды оба этих международных стандарта должны использоваться совместно.

Международные стандарты, описанные в пункте 9, способствуют и дополняют стандарты для оценки умеренной окружающей среды.

4.4 Холодная окружающая среда

Для оценки холодной окружающей среды можно использовать Техническое сообщение ИСО/ТО 11079, в котором применяются термины $IREQ_{neutral}$, $IREQ_{min}$, WCI и t_{ch}. Если IREQ используется для выбора соответствующей одежды для холодной окружающей среды, можно применять ИСО 9920. Для оценки отдельных лиц и определенных групп населения положения ИСО 9886 являются руководством для физиологических оценок, а ИСО 10551 помогает при проведении субъективного измерения.

Международные стандарты, описанные в разделе 9, способствуют и дополняют стандарты для оценки холодной окружающей среды.

4.5 Контакт с твердыми поверхностями

При оценке горячей, умеренной и холодной окружающей среды люди могут соприкасаться с твердыми поверхностями. Будущие международные стандарты позволят оценивать тепловое восприятие и степень уязвимости в случае контакта между незащищенной или закрытой кожей и твердой поверхностью. ИСО 10551 содержит рекомендации для субъективных оценок работников в окружающей среде, не являющейся экстремальной.

Таблица 1 — Оценка тепловой окружающей среды с использованием международных стандартов

Оцениваемый параметр	Средства оценки тепловой окружающей среды		
	Горячей	Умеренной	Холодной
Комфорт и напряжение	Индекс температуры влажного шарика психрометра WBGT Норма необходимого потоотделения SW_{req}	Предсказанный средний индекс положительных оценок PMV и предсказанный процент отрицательных оценок PPD	Индекс коэффициента резкости погоды WCI Необходимая теплоизоляция одежды IREQ
Физиологическое напряжение	Температура «внутри» тела и кожи, сердечный ритм, потеря массы при потоотделении и дыхании		
Психологическое напряжение	Методы субъективной оценки		

Таблица 2 — Эргономика тепловой окружающей среды. Признанные международные стандарты

Назначение		Название ИСО	Обозначение стандарта
Общее представление набора стандартов в терминах принципов и применения		Эргономика тепловой среды: принципы и применение соответствующих международных стандартов	ИСО 11399
Стандартизация количеств, символов и единиц, используемых в стандартах		Эргономика тепловой среды. Словарь	ИСО 13731
Тепловая оценка напряжения в горячей окружающей среде	Аналитический метод	Горячая среда. Аналитическое определение и интерпретация теплового поражения с использованием вычислений коэффициента потоотделения	ИСО 7933
	Диагностический метод	Горячая среда. Оценка теплового перегрева работающего человека, основанная на индексе WBGT	ИСО 7243
Оценка комфорта		Умеренная тепловая среда. Определение индексов PMV и PPD и параметров состояний теплового комфорта	ИСО 7730

Окончание таблицы 2

Назначение		Название ИСО	Обозначение стандарта
Оценка теплового напряжения в холодной окружающей среде		Оценка холодной среды. Определение расчетной величины требуемой теплоизоляции одежды IREQ	ИСО/ТО 11079 Технический отчет
Стандарты сбора данных	Скорость выделения метаболического тепла	Эргономика. Определение выделения метаболического тепла	ИСО 8996
	Требования к измерительным приборам	Тепловая среда. Инструменты для измерения физических величин	ИСО 7726
	Теплоизоляция одежды	Эргономика тепловой среды. Оценка теплоизоляции и испаряющего сопротивления комплекта одежды	ИСО 9920
Оценка теплового напряжения с использованием физиологических измерений		Оценка теплового перегрева с помощью физиологических измерений	ИСО 9886
Субъективная оценка теплового комфорта		Эргономика тепловой среды. Оценка влияния тепловой среды с использованием шкал субъективных оценок	ИСО 10551
Выбор соответствующей системы медицинского наблюдения для различных типов теплового воздействия		Эргономика тепловой среды. Медицинское наблюдение за людьми, находящимися в очень горячей или очень холодной тепловой среде	ИСО 12894
Контакт с горячими, умеренными и холодными поверхностями		Эргономика тепловой среды. Методы оценки реакции человека при контакте с поверхностями	ИСО 13732
Комфорт для инвалидов		Эргономика тепловой среды. Применение международных стандартов к людям, имеющим специальные требования	ИСО/ТУ 14415
Планирование работы в холодной окружающей среде			Предложено новое положение[1)]
Долгосрочная оценка качества экологической среды			Согласовано новое положение[1)]
Тепловая среда в транспортных средствах		Эргономика тепловой среды. Оценка тепловых сред в транспортных средствах	ИСО 14505

[1)] Предложенный международный стандарт еще не опубликован для широкого распространения.

5 Описание международных стандартов для оценки горячей окружающей среды

5.1 ИСО 7243

ИСО 7243:1989 Горячая среда. Оценка теплового перегрева работающего человека, основанная на индексе WBGT (температура влажного шарика психрометра)

5.1.1 Область применения

ИСО 7243 обеспечивает метод, который можно легко использовать в промышленных условиях для быстрой оценки теплового напряжения, которому подвергается работник в горячей окружающей среде.

Метод применяется для оценки среднего теплового воздействия на работающего человека в течение периода, в котором его деятельность может быть представлена, но не используется для оценки теплового напряжения, испытуемого в течение очень коротких периодов, а также для оценки тепловых напряжений, близких к зонам комфорта.

5.1.2 Принцип

Для оценки горячей окружающей среды в стандарте ИСО 7243 используется индекс WBGT.

В зданиях и вне зданий без солнечной нагрузки индекс WBGT вычисляют по формуле

$$WBGT = 0,7t_{nw} + 0,3t_g. \quad (1)$$

Вне зданий с солнечной нагрузкой он выражен как:

$$WBGT = 0,7t_{nw} + 0,2t_g + 0,1t_a, \quad (2)$$

где t_{nw} — естественная температура влажного шарика психрометра;

t_g — температура в центре шарика термометра диаметром 150 мм;

t_a — температура воздуха.

Значение WBGT в горячей окружающей среде сравнивается со справочным значением WBGT. Справочные значения WBGT указаны в ИСО 7243 для пяти уровней метаболической реакции для акклиматизированных и неакклиматизированных работников. На высоких уровнях метаболической реакции справочные значения также зависят от движения воздуха.

Справочные значения были установлены с учетом максимальной ректальной температуры 38 °С для этой группы работников. Значения соответствуют уровням воздействия, которому могут обычно подвергаться почти все работники без какого-либо вредного эффекта, при условии отсутствия каких-либо ранее существовавших патологических факторов.

Если значение WBGT в горячей окружающей среде превышает справочное значение WBGT, температурное напряжение на рабочем месте должно быть уменьшено, или должен быть сделан более детальный анализ (например, используя ИСО 7933), поэтому метод, использованный в ИСО 7243, обеспечивает простую и быструю оценку горячей окружающей среды.

5.2 ИСО 7933

ИСО 7933:2004 Горячая среда. Аналитическое определение и интерпретация теплового поражения с использованием вычислений коэффициента потоотделения.

5.2.1 Область применения

В ИСО 7933 определен метод аналитической оценки и интерпретации теплового поражения, испытуемого субъектом в горячей окружающей среде. В ИСО 7933 описывается метод вычисления теплового баланса, а также нормы выделения пота, который должно выделять человеческое тело для поддержания равновесия этого баланса; норма выделения пота называется «коэффициентом необходимого потоотделения».

Различные термины, используемые для определения коэффициента необходимого потоотделения, показывают влияние различных физических параметров окружающей среды на тепловое поражение, испытуемое субъектом. Таким образом, ИСО 7933 позволяет определить, какой параметр или группа параметров должны быть изменены и до какой степени, чтобы уменьшить риск физиологического напряжения.

Главными целями ИСО 7933 являются:

a) оценка теплового поражения в условиях, которые, вероятно, приведут к чрезмерному увеличению температуры тела или обезвоживанию у нормального субъекта;

b) определение изменений, которые необходимо будет внести в режим работы для уменьшения или исключения этих факторов;

c) определение максимально допустимого времени воздействия для ограничения физиологического напряжения до приемлемого значения.

В ИСО 7933 не предсказывается физиологическая реакция отдельных субъектов, а рассматриваются только нормальные субъекты с хорошим здоровьем и годные для работы, которую они выполняют.

Метод вычисления и интерпретации теплового баланса основан на имеющейся научной информации. Последующие усовершенствования метода вычисления различных параметров уравнения теплового баланса или его интерпретации будут учтены по мере их доступности. В своей существующей форме этот метод не применяется в случаях, когда предусматривается ношение специальной защитной одежды.

5.2.2 Принцип

В ИСО 7933 определен рациональный подход к оценке горячей окружающей среды. Измерение горячей окружающей среды в значениях температуры воздуха, средней температуры излучения, влажности и скорости воздушного обмена и оценки факторов, относящихся к лицам, подвергающимся их воздействию, в значениях теплоизоляции одежды, выделения метаболического тепла и внутреннего состояния используются для вычисления теплообмена между нормальным человеком и окружающей

средой. Это позволяет вычислить норму необходимого потоотделения SW_{req} (для поддержания теплового баланса тела) по формуле

$$SW_{req} = E_{req}/r_{req}, \quad (3)$$

где E_{req} — необходимое испарение для сохранения теплового баланса, вычисляемое по формуле

$$E_{req} = M - W - C_{res} - E_{res} - C - R, \quad (4)$$

M — выделение метаболического тепла;
W — эффективная механическая энергия;
C_{res} — потеря тепла при дыхании в результате конвекции;
E_{res} — потеря тепла при дыхании в результате испарения;
C — теплообмен через кожу в результате конвекции;
R — теплообмен через кожу в результате излучения;
SW_{req} — коэффициент необходимого потоотделения для теплового баланса;
r_{req} — эффективность испарения с коэффициентом необходимого потоотделения.

Коэффициент необходимого потоотделения сравнивается с максимальными значениями потливости кожи w_{max} и коэффициентом необходимого потоотделения SW_{max}, которые могут быть установлены у работников. Эти значения представлены для акклиматизированных и неакклиматизированных людей на работе и отдыхе.

В случае недостижения теплового баланса происходит накопление тепла и, следовательно, повышение внутренней температуры тела. Предельные значения представлены для уровней предупреждения и опасности в значениях накопления тепла и также в значениях максимального допустимого обезвоживания, совместимого с сохранением водного и минерального балансов тела.

Предсказанный коэффициент потоотделения можно определить из коэффициента необходимого потоотделения и предельных значений. Если у работников наблюдается достижение коэффициента необходимого потоотделения и при этом не происходит недопустимого обезвоживания, то в этом случае нет какого-либо временно́го предела в связи с тепловым воздействием за восьмичасовую рабочую смену. Если дело обстоит не так, тогда можно вычислить допустимое время воздействия.

Имеется компьютерная программа, позволяющая легко применять вычисления и эффективно использовать ИСО 7933. Этот рациональный метод оценки горячей окружающей среды позволяет идентифицировать относительную влажность различных составляющих тепловой окружающей среды, и, следовательно, он может использоваться для планирования тепловой среды.

6 Описание международных стандартов для оценки умеренной тепловой окружающей среды

6.1 ИСО 7730

ИСО 7730:2005 Умеренная тепловая среда. Определение индексов PMV и PPD и параметров состояний теплового комфорта.

6.1.1 Область применения

ИСО 7730 предназначен для того, чтобы:

а) представить метод для предсказания теплового ощущения и степени дискомфорта (тепловая неудовлетворенность) людей, испытывающих воздействие умеренной тепловой окружающей среды;

в) определить приемлемую тепловую среду для обеспечения комфорта.

ИСО 7730 применяется к здоровым мужчинам и женщинам. Первоначально ИСО 7730 был основан на исследованиях, проведенных с субъектами в США и Европе, но он также хорошо согласуется с недавними исследованиями субъектов в Японии, которые подвергались воздействию умеренной тепловой окружающей среды. Ожидается, что ИСО 7730 будет применяться с хорошим приближением в большинстве регионов мира, но могут встречаться отклонения этнического, национального и географического характера, что потребует проведения дополнительных исследований. Требования ИСО 7730 применяют к людям, испытывающим воздействие окружающей среды внутри помещения, в котором хотят достичь теплового комфорта, или внутри помещения, в котором происходит умеренное отклонение от состояния комфорта. Для экстремальной тепловой окружающей среды применяются другие международные стандарты.

Для больных и людей с физическими недостатками могут наблюдаться отклонения. ИСО 7730 может применяться для планирования новой тепловой среды или для оценки существующей среды. ИСО 7730 был подготовлен для рабочей окружающей среды, но может применяться для любого вида окружающей среды.

6.1.2 Принцип

ИСО 7730 определяет метод оценки умеренной тепловой окружающей среды с использованием индекса теплового комфорта PMV. Индекс PMV — это предсказанное среднее значение положительных оценок большой группы людей, как если бы они подвергались воздействию оцениваемых тепловых условий по следующей шкале тепловых ощущений:

+3 — жарко;
+2 — тепло;
+1 — немного теплей;
0 — нейтрально;
–1 — немного прохладней;
–2 — прохладно;
–3 — холодно.

Индекс PMV вычисляют из температуры воздуха, средней температуры излучения, влажности и скорости обмена воздуха в окружающей среде и оценки выделения метаболического тепла и теплоизоляции одежды. Индекс PMV использует уравнение теплового баланса человеческого тела и дополнительные условия для обеспечения теплового комфорта. Индекс PPD (предсказанный процент отрицательных оценок тепловой среды) вычисляют из PMV.

ИСО 7730 также рассматривает дискомфорт, вызванный сквозняком, когда сквозняк определяется как нежелательное местное охлаждение тела, вызванное движением воздуха. Метод предсказания процента людей, которым доставляет беспокойство сквозняк, определяется температурой воздуха, скоростью обмена воздуха и интенсивностью турбулентности. Эта модель применяется к указанному диапазону тепловых состояний и для людей, выполняющих легкую, главным образом, сидячую работу с тепловым ощущением для всего тела, близким к нейтральному.

Даны рекомендации для порядка определения приемлемых тепловых условий для комфорта, основанного на методах, предложенных в настоящем стандарте.

Имеются таблицы и компьютерная программа для обеспечения простых вычислений и эффективного использования ИСО 7730. Этот рациональный метод для оценки умеренной окружающей среды позволяет определять относительное влияние, которое различные составляющие тепловой окружающей среды оказывают на тепловой комфорт (или дискомфорт), и, следовательно, он может использоваться для планирования окружающей среды.

7 Описание международного стандарта для оценки холодной окружающей среды

7.1 ИСО/ТО 11079

ИСО/ТО 11079:1993 Оценка холодной среды. Определение расчетной величины требуемой теплоизоляции одежды (IREC)

7.1.1 Область применения

В ИСО/ТО 11079 предлагаются методы и стратегии для оценки теплового поражения, связанного с воздействием холодной окружающей среды. Они применяются к непрерывному, неустойчивому, а также случайному воздействию среды и различным видам работы в закрытом помещении и на открытом воздухе. Не рассматриваются особые эффекты, связанные с определенными метеорологическими явлениями (например, выпадение осадков), которые оцениваются при помощи других методов.

7.1.2 Принцип

ИСО/ТО 11079 был опубликован в качестве технического сообщения и получит статус стандарта, когда эти методы будут утверждены. Для холодной окружающей среды имеются несколько доступных методов и недостаточные экспериментальная база и практический опыт в отношении использования IREQ. Цель состоит в том, чтобы предложить методы для оценки холодной окружающей среды, придать новый импульс экспериментальной работе для подтверждения правильности выбранных методов и для их дальнейшего развития, а также чтобы определить потребности в исследованиях и способствовать расширению исследований в этой области. После этого будет принято решение о характере международного стандарта для оценки холодной окружающей среды.

Было предложено, чтобы поражение холодом оценивалось в единицах как общего охлаждения тела, так и в единицах местного охлаждения частей тела (например, конечностей, лица). В отношении общего охлаждения в техническом сообщении ИСО/ТО 11079 предлагается рациональный метод для

оценки холодной окружающей среды. Теплоизоляция одежды, требующаяся для теплового баланса ($IREQ_{min}$) и для теплового комфорта ($IREQ_{neutral}$), вычисляется при соблюдении следующих уравнений:

$$IREQ = (t_{sk} - t_cI)/(M - W - E_{res} - C_{res} - E) \quad (5)$$

и

$$M - W - E_{res} - C_{res} - E = R + C, \quad (6)$$

где t_{sk} — средняя температура кожи;
t_cI — температура на поверхности одежды;
M — метаболическая энергия;
W — эффективная механическая энергия;
E_{res} — потеря тепла при дыхании вследствие испарения;
C_{res} — потеря тепла при дыхании вследствие конвекции;
E — потеря тепла при испарении на поверхности кожи;
R — потеря тепла при излучении на поверхности кожи;
C — потеря тепла при конвекции на поверхности кожи.

Для людей, которые носят одежду с теплоизоляцией меньше $IREQ_{min}$, существует риск постепенного охлаждения тела. Если теплоизоляция одежды больше $IREQ_{neutral}$, тогда будет растущее ощущение перегрева. Интервал между $IREQ_{min}$ и $IREQ_{neutral}$ — это регулирующая зона одежды, в которой каждый человек выбирает соответствующий уровень защиты.

Расчетное значение IREQ может использоваться в качестве требуемого значения теплоизоляции одежды, например, позволяя выбрать одежду для работы в холодной среде. Следует помнить, что IREQ является расчетным результирующим значением теплоизоляции одежды (I_{clr}) и, следовательно, включает влияние движения тела. Эту величину можно также использовать в качестве индекса поражения холодом. Чем выше значение IREQ при любом данном уровне активности, тем больше охлаждающаяся энергия окружающей среды.

Если IREQ используется для выбора соответствующей одежды, подчеркивается, что теплоизоляция, создаваемая одеждой, является динамическим параметром, который изменяется в зависимости от факторов, таких как положение тела, деятельность, влажность и ветер. Если IREQ не удается получить, тогда возможно использование порядка расчета максимального времени воздействия и требуемого времени восстановления с имеющейся теплоизоляцией.

В этом техническом сообщении также рассматривается местное охлаждение рук, головы и ног. Отмечается, что в этой области знания не отличаются полнотой. Для окружающей среды в помещениях рассматривается влияние сквозняков и более низких пределов на температуру кожи рук. Для наружной окружающей среды в качестве индексов используется индекс охлаждения ветром WCI, выраженный в ваттах на квадратный метр, и температура охлаждения t_{ch}:

$$WCI = 1{,}16\,[10{,}45 + 10v_{ar}^{1/2} - v_{ar}](33 - t_a) \quad (7)$$

и

$$t_{ch} = 33 - (WCI/25{,}5), \quad (8)$$

где v_{ar} — относительная скорость воздуха, м/с;
t_a — температура воздуха, °С.

Предусмотрена компьютерная программа для упрощения вычислений и эффективного использования стандарта. Этот рациональный метод для оценки холодной окружающей среды позволяет определять относительное влияние, которое различные составляющие тепловой окружающей среды оказывают на поражение холодом и тепловой комфорт (или дискомфорт), и, следовательно, он может использоваться для планирования окружающей среды.

8 Описание международных стандартов для оценки соприкосновения кожи с твердыми поверхностями

На стадии разработки находятся международные стандарты, которые предлагают методы для предсказания и оценки теплового ощущения и повреждения кожи при контакте между открытой и закрытой кожей и горячими, умеренными и холодными поверхностями (более полное описание см. в приложении В).

9 Описание вспомогательных и дополнительных международных стандартов

9.1 Общие требования

Применение международных стандартов, перечисленных в разделах 4—7, требует измерения или оценки множества параметров, а также применения методов и методик. Международные стандарты, описанные ниже, дают информацию, которая требуется для применения стандартов, необходимых для оценки тепловой окружающей среды. Их можно также использовать самостоятельно в эргономических и других исследованиях.

9.2 ИСО 7726

ИСО 7726:1998 Тепловая среда. Инструменты для измерения физических величин.

9.2.1 Область применения

ИСО 7726 определяет минимальные характеристики инструментов для измерения физических количеств, характеризующих окружающую среду, а также методы для измерения физических количеств окружающей среды.

В ИСО 7726 не ставилась цель определить общий индекс комфорта или теплового поражения, а просто делается попытка стандартизировать процесс записи информации, приводящей к определению такого индекса.

ИСО 7726 должен использоваться в качестве справочного документа при определении:

a) спецификаций для изготовителей и пользователей инструментов для измерения физических количеств окружающей среды;

b) условий письменного контракта между двумя сторонами для измерения этих параметров.

ИСО 7726 применяется для исследования горячей, комфортной или холодной окружающей среды в любом месте, где работают люди.

9.2.2 Принцип

При использовании стандартов для оценки тепловой окружающей среды часто требуется измерение соответствующих параметров тепловой окружающей среды.

В ИСО 7726 даны определения параметров (температура воздуха, средняя температура излучения, влажность, скорость воздуха, естественная температура влажного шарика психрометра, температура колбы, поверхностная температура), методы измерения этих параметров и спецификаций измерительных приборов. Значения параметров можно использовать при оценке горячей, умеренной или холодной окружающей среды согласно соответствующему международному стандарту.

9.3 ИСО 10551

ИСО 10551:1995 Эргономика тепловой среды. Оценка влияния тепловой окружающей среды с использованием шкал субъективных оценок.

9.3.1 Область применения

В ИСО 10551 предложен ряд спецификаций для прямой экспертной оценки субъективного теплового комфорта/дискомфорта, выраженной людьми, испытавшими тепловое поражение. Эти методы дополняют физические и физиологические методы оценки тепловой нагрузки.

9.3.2 Принцип

Шкалы субъективной оценки удобны при измерении субъективных ответов людей, подвергающихся воздействию тепловой окружающей среды. Они особенно удобны в умеренной окружающей среде и могут использоваться самостоятельно или дополнять объективные методы (например, индексы тепловой среды), которые описаны в международных стандартах, представленных в разделах 5—7. В ИСО 10551 представлены принципы и методология по составлению и использованию субъективных шкал, которые могут использоваться при оценке тепловой окружающей среды. В таблице 3 приведены шкалы субъективных оценок, которые подразделяются на пять типов.

Таблица 3 — Шкалы субъективных оценок по ИСО 10551

Суждение	Пример	К чему относится суждение
Перцепционное	Как вы теперь себя чувствуете? (например, жарко)	К личному восприятию
Эмоциональное	Как вы это находите? (например, удобно)	К тепловому состоянию
Тепловое предпочтение	Как бы вы предпочли, чтобы было? (например, теплее)	К состоянию
Личное принятие	Является ли окружающая среда приемлемой/неприемлемой?	К окружающей среде
Личная допустимость	Является ли окружающая среда допустимой?	К окружающей среде

Принцип ИСО 10551 состоит в получении вводной информации, которая позволит специалисту по эргономике построить и использовать шкалы субъективных оценок в качестве части оценки тепловой окружающей среды. Примеры построения, применения и анализа шкал субъективных оценок приведены в приложении.

9.4 ИСО 9886

ИСО 9886:2004 Оценка теплового перегрева с помощью физиологических измерений.

9.4.1 Область применения

В ИСО 9886 описаны методы для измерения и интерпретации следующих физиологических параметров:

- температуры тела;
- температуры кожи;
- сердечного ритма;
- потери массы тела.

Измеряемые параметры и используемые методы выбираются по усмотрению лиц, ответственных за здоровье субъектов. Эти лица должны будут учитывать не только характер тепловых условий, но также и степень принятия методов исследуемыми субъектами.

Следует подчеркнуть, что прямые измерения на человеке можно выполнять только при двух условиях:

a) если этот человек был полностью осведомлен о дискомфорте и потенциальных рисках, связанных с этим методом измерения, и дал добровольное согласие на проведение таких измерений;

b) если такие измерения не представляют никакой опасности для этого человека, что является приемлемо с точки зрения общих или определенных этических кодексов.

В приложении А ИСО 9886 для упрощения этого выбора представлено сравнение различных методов в отношении области их применения, их технической сложности, дискомфорта и рисков, которые они могут создавать, также определяются условия, которые должны выполняться, чтобы гарантировать точность данных, собранных с помощью различных методов. Эти методы измерения описаны в приложении В; предельные значения представлены в приложении С.

ИСО 9886 не касается условий эксперимента, для которого исследователи могут разработать альтернативные методы, направленные на расширение знаний в этой области. Вместе с тем рекомендуется при проведении таких исследований в лаборатории использовать методы, описанные в 8.4.2 ИСО 9886, в качестве справочного документа, чтобы эти результаты можно было сравнить.

9.4.2 Принцип

В ИСО 9886 представлены принципы, методы и интерпретация измерений соответствующей физиологической реакции человека на горячую, умеренную и холодную окружающую среду. ИСО 9886 можно использовать самостоятельно или в качестве дополнения при использовании других стандартов. В таблице 4 рассмотрены и представлены четыре физиологические реакции.

Приведены также комментарии по техническим требованиям, существенности, удобству, раздражению для человека и указаны затраты для проведения каждого физиологического измерения.

Принцип ИСО 9886 состоит в предоставлении информации для выполнения информированного отбора и внесении поправок в применение и оценку физиологических измерений.

Таблица 4 — Физиологическая реакция на окружающую среду

Наименование параметра	Рассматриваемое измерение
Температура тела	Температура в пищеводе. Температура в прямой кишке. Температура в брюшной полости. Температура во рту (ротовой полости). Температура в ушных раковинах. Температура в слуховых каналах. Температура мочи
Температура кожи	Локальная температура кожи Средняя температура кожи: метод ИСО для четырех точек метод ИСО для восьми точек метод ИСО для четырнадцати точек
Сердечный ритм	Используется метод разделения для идентификации составляющей в результате теплового поражения
Потеря массы тела	В результате дыхания и выделения пота. Учитываются прием, увеличивающий массу тела (пища и питье), и выход, уменьшающий массу тела (моча и испражнения)

9.5 ИСО 8996

ИСО 8996:2004 Эргономика. Определение выделения метаболического тепла

9.5.1 Область применения

Коэффициент выделения метаболического тепла, как способа преобразования химической энергии в механическую и тепловую энергию, определяет энергетические затраты мускульной нагрузки и позволяет получить числовой индекс активности. Необходимо знать коэффициент выделения метаболического тепла, чтобы можно было измерить выделение метаболического тепла и оценить терморегуляцию тела человека. Дополнительно к определению методов для расчета коэффициента метаболического тепла ИСО 8996 можно также использовать для других применений, например для оценки режима производства работ, энергетических затрат при выполнении определенной работы или при занятиях спортом, общих энергетических затрат при ведении деятельности.

9.5.2 Принцип

Основным требованием международных стандартов, указанных в разделах 5 — 7, является выполнение оценки выделения метаболического тепла. В ИСО 8996 описаны следующие методы оценки, приведенные в таблице 5.

Предлагаются три уровня методов.

Уровень I опирается на использование таблиц, в которых даны оценки на основании описания деятельности. Их охват простирается от общего описания (например, свет, тяжесть) до описания конкретной профессии (например, каменщик) и методов суммирования компонентов задачи (например, базовый коэффициент метаболического тепла + составляющая положения тела + составляющая движения).

Уровень II опирается на использование таблицы сердечного ритма. Общим сердечным ритмом считается сумма нескольких компонентов, которая в целом является линейной относительно выделения метаболического тепла для сердечного ритма более 120 ударов в минуту.

Уровень III предназначается для расчета выделения метаболического тепла из измерения потребления кислорода и выделения углекислого газа во время выполнения работы и в периоды отдыха и восстановления.

Поэтому принцип ИСО 8996 должен позволить выработать методы для оценки выделения метаболического тепла, чтобы эти методы можно было использовать в других международных стандартах для оценки тепловой окружающей среды, описанных в разделах 5 — 7.

9.6 ИСО 9920

ИСО 9920:2007 Эргономика тепловой среды. Оценка теплоизоляции и испаряющего сопротивления комплекта одежды

9.6.1 Область применения

В ИСО 9920 представлены методы для оценки тепловых характеристик (сопротивления потере сухого тепла и испаряющего сопротивления потере тепла) в установившемся состоянии для комплекта одежды с учетом значений для известных швейных изделий, комплектов и текстильных материалов.

Рассматриваются аспекты влияния движения тела и проникновения воздуха на теплоизоляцию и испаряющее сопротивление.

В ИСО 9920 не рассматриваются другие свойства одежды, такие как поглощение воды, амортизирующие свойства и осязательный комфорт, и не учитываются факторы влияния дождя и снега на тепловые характеристики. Также не рассматривается специальная защитная одежда (костюмы, охлаждаемые водой, костюмы с вентиляцией или с подогревом).

Также в ИСО 9920 не рассматриваются аспекты отдельной теплоизоляции различных частей тела и возникающего дискомфорта вследствие асимметрии комплекта одежды.

9.6.2 Принцип

В ИСО 9920 предлагаются методы для определения базовой теплоизоляции одежды I_{cl} и испаряющего сопротивления R_T — необходимой информации при оценке теплового удара или обморожения, или степени комфорта, создаваемого физической средой в соответствии с международными стандартами, описанными в разделах 5—7.

В ИСО 9920 представлена большая база данных значений теплоизоляции, которые были измерены на стоящих манекенах с тепловыми датчиками. Указаны значения для теплоизоляции сухого тепла в значениях базовой теплоизоляции I_{cl}, которая выражается как произведение квадратных метров на градусы Цельсия, деленное на ватты или Clo (1 Clo = 0,155 $m^2 \cdot °C/Вт$), и для сопротивления одежды проникновению воды в значениях индекса водопроницаемости (безразмерного коэффициента) i_m. Диапазон значений i_m лежит приблизительно от 0,5 для обнаженного человека до 0,2 для одежды непроницаемого типа. Типичное значение составляет приблизительно 0,4.

Таблицы значений теплоизоляции одежды являются полными. Значения теплоизоляции указаны для полных комплектов одежды. Также даны значения теплоизоляции сухого тепла для отдельных швейных изделий I_{clu}, которые входят в комплект. Если в таблицах отсутствует значение теплоизоляции для полного комплекта, тогда для оценки теплоизоляции, которая обеспечивается комплектом, предусматривается порядок сложения значений I_{clu}.

Таблица 5 — Оценка выделения метаболического тепла

Уровень	Метод	Точность	Осмотр рабочего места
I	A — классификация по виду деятельности B — классификация по профессии	Грубая информация; риск очень большой ошибки	Не требуется Информация о техническом оснащении, организации труда
II	A — использование таблиц групповой оценки сердечного ритма B — использование таблиц оценки сердечного ритма для определенных видов деятельности C — использование значений сердечного ритма при определенных условиях	Риск большой ошибки; точность ± 15 %	Требуется хронометраж Требуется хронометраж Не требуется
III	Прямое измерение	Риск ошибок в пределах точности измерения и хронометража; точность ± 5 %	Требуется хронометраж

9.7 ИСО 12894

ИСО 12894:2001 Эргономика тепловой среды. Медицинское наблюдение за людьми, находящимися в экстремально жаркой или холодной окружающей среде

9.7.1 Область применения

В ИСО 12894 даны рекомендации специалистам, занимающимся вопросами безопасности при воздействии на человека горячей или холодной тепловой среды, и обсуждаются вопросы принятия надлежащих мер для защиты и мониторинга здоровья как до начала воздействия, так и во время такого воздействия на человека.

Эти рекомендации можно применять при оценке воздействия экстремальной среды на рабочем месте и в лабораторных условиях. В обоих случаях следует делать оценку ожидаемого теплового воздействия на человека, но детальные параметры медицинского наблюдения могут отличаться для этих двух ситуаций. Контроль воздействия на рабочем месте должен также отвечать требованиям национального законодательства по охране здоровья и технике безопасности.

ИСО 12894 предусматривает проведение исследований в лаборатории или в камере искусственного климата, в которых люди могут подвергаться воздействию высокой или низкой окружающей температуры, или местному нагреву, или охлаждению. В таких исследованиях могут изучаться, например, физиологические или психологические реакции на окружающую среду или преимущества одежды или другого защитного снаряжения. В область применения также входят научные исследования и демонстрации для целей обучения. В некоторых странах на такие исследования распространяются требования определенных законодательных актов, и во всех случаях экспериментальные исследования должны проводиться в рамках допустимых этических критериев, как подробно указано в соответствующих национальных и международных соглашениях.

Экстремальные условия окружающей среды могут являться только одной составляющей общей физиологической нагрузки, ставящей определенные ограничения на исследование. В таких случаях должны быть получены также соответствующие рекомендации в отношении проведения медицинского обследования, которое требуется перед проверкой воздействия других присутствующих факторов нагрузки.

В некоторых случаях эргономические исследования проводятся с целью, например, обеспечить документирование физиологического напряжения у людей определенной профессии. Если общая нагрузка при выполнении работы увеличивается или если предполагается проведение надоедливых измерений, то здесь также следует использовать ИСО 12894.

ИСО 12894 не применяется для работы или изучения в умеренной тепловой окружающей среде, в которой исследуется комфорт. Вместе с тем, его можно использовать там, где люди подвергаются воздействию умеренной тепловой окружающей среды, как часть исследования экстремальной окружающей среды, или при том же воздействии, или при отдельном воздействии, или при проведении в умеренной тепловой окружающей среде надоедливых измерений.

ИСО 12894 не применяется при использовании гипотермии в ходе медицинского исследования или лечения.

9.7.2 Принцип

В ИСО 12894 представлен метод для выбора соответствующей системы медицинского наблюдения для эргономических исследований воздействия тепловой окружающей среды на человека. Он является практическим руководством при проведении медицинского наблюдения и этических оценок воздействия тепла и холода в лаборатории, камере искусственного климата и с учетом профессии людей. В ИСО 12894 даны определения методов и ответственных лиц и их ролей. Они включают защиту здоровья и мониторинг состояния здоровья, назначение независимого медицинского эксперта, экспериментатора, физиолога по этой профессии и основного исследователя. Представлены рекомендации в значениях типа исследования для методов защиты здоровья и мониторинга, порядок выбора протоколов мониторинга (от отсутствия какого-либо специального обеспечения до анкет и медицинского осмотра) и уровень наблюдения за состоянием здоровья (требуемой экспертизы работников на основании полученной температуры).

Общие принципы, касающиеся этики проведения экспериментов с людьми, пример формы согласия субъекта, итоговое описание медицинских расстройств от воздействия тепла и холода и порядок оказания немедленной первой помощи для их лечения, представлены в приложениях А и В настоящего стандарта. В приложении С ИСО 12894 представлено описание медицинского наблюдения в значениях мониторинга состояния здоровья, медицинского осмотра, временной нетрудоспособности и ухода для восстановления состояния здоровья. Также включены анкеты для описания состояния здоровья до начала воздействия высокими и низкими температурами. В приложении D ИСО 12894 дано описание медицинского осмотра, а в приложении Е ИСО 12894 обобщаются рекомендации, данные в этом стандарте. ИСО 12894 дополняет применение международных стандартов, описанных в разделах 5—7.

10 Описание будущих международных стандартов

10.1 Общие требования

В области действия настоящего стандарта разработаны или находятся в стадии разработки международные стандарты, рассматривающие конкретные аспекты эргономики термальных сред. Ряд таких аспектов перечислен в подразделах 10.2 — 10.4. Более подробное описание приведено в приложении В.

10.2 Контакт кожи с горячими, умеренными и холодными поверхностями

В данной области рассматривают:

- контакт кожи с горячими поверхностями (ИСО 13732-1);
- комфортные температуры касания поверхности (ИСО/ТУ 13732-2);
- контакт кожи с холодными поверхностями (ИСО 13732-3).

10.3 Применение международных стандартов

В данной области рассматривают:

- применение международных стандартов в тепловой окружающей среде для лиц с физическими недостатками, пожилых или инвалидов;
- планирование работы в холодной окружающей среде;
- применение международных стандартов для долгосрочной оценки тепловой среды в офисах;
- оценка тепловой среды в транспортных средствах.

10.4 Дополнительные стандарты

В данной области рассматривают:

- определения, символы и единицы (ИСО 13731).

Приложение А
(справочное)

Эргономика тепловой среды. Принципы оценки

А.1 Общие требования

В настоящем приложении описаны термины, понятия и принципы, используемые в практической оценке тепловой окружающей среды с определенной ссылкой на применение соответствующих международных стандартов.

Знания в части оценки тепловой окружающей среды были получены в результате обширного международного исследования и опыта, приобретенного за многие годы. Поэтому определенные общие принципы теперь приняты повсеместно. Простое описание этих принципов является достаточным для многих практических применений, которые представлены ниже. За более подробным описанием следует обратиться к многочисленным документам и книгам по этому предмету.

А.2 Основные параметры

В основе принципа, согласно которому определяется реакция человека на тепловую окружающую среду, лежат, по крайней мере, шесть основных параметров. Это температура воздуха, средняя температура излучения, скорость движения воздуха, влажность, теплоизоляция одежды и выделение метаболического тепла. Важно признать, что люди реагируют на взаимодействие всех шести параметров, а не независимо, на один или несколько. Поэтому при оценках тепловой окружающей среды должны рассматриваться, по крайней мере, все эти шесть параметров (см. примечание 2).

Знание шести основных параметров требуется при применении международных стандартов для оценки горячей (ИСО 7933), умеренной (ИСО 7730) и холодной (ИСО/ТО 11079) окружающие среды. Первые четыре параметра среды и способы их измерения описаны в ИСО 7726. Оценки теплоизоляции одежды представлены в ИСО 9920.

Методы определения выделения метаболического тепла представлены в ИСО 8996.

Примечание — Для некоторых практических применений о некоторых этих параметрах можно сделать разумные предположения. Например, может быть разумным предположить для конкретного, точно определенного применения, что температура излучения равна температуре воздуха при относительно низкой скорости движения воздуха, при относительной влажности 50 % и когда люди выполняют легкую работу, находясь в легкой одежде. Затем можно описать комфортные условия с помощью только одной температуры воздуха. Вместе с тем это будет верно, только если эти предположения будут правильными.

Другой пример состоит в использовании теплового коэффициента, объединяющего важные факторы в единое значение. Значение этого коэффициента можно получить при помощи простого измерительного прибора [например, по температуре влажного шарика психрометра (WBGT)]. По мере приобретения опыта для оценки окружающей среды «удовлетворительно» можно будет использовать измерения этого прибора других факторов. Вместе с тем главным моментом является то, что эти шесть основных параметров, определяющих реакцию человека и все оценки, должны рассматриваться с этой точки зрения. Поэтому использование отдельных (или нескольких) параметров или некоторых простых тепловых коэффициентов для оценки окружающей среды является приближением (зачастую приемлемым) к более полной оценке, строящейся на использовании не менее шести основных параметров.

А.3 Уравнение теплового баланса тела

Люди стараются поддерживать внутреннюю температуру тела в оптимальных пределах (приблизительно 37 °С). Чтобы поддерживать в любом объекте постоянную температуру, в нем должен поддерживаться тепловой баланс. т.е. чистое входящее тепло в объект должно быть равным чистому выходящему теплу из объекта, чтобы коэффициент накопления тепла S был равен нулю. Это основной метод для оценки реакции человека на тепловую окружающую среду. Если накопление тепла в теле будет положительным, то температура тела будет повышаться. Если оно будет отрицательным, то температура тела будет снижаться. Тенденция температуры тела к подъему или спаду будет оказывать большое влияние на реакцию человека. Вычисление уравнения теплового баланса тела является важным вкладом в методы оценки, представленные в ИСО 7933, ИСО 7730 и ИСО/ТО 11079 для горячей, умеренной и холодной окружающей среды соответственно.

Уравнение теплового баланса тела выражается в значениях выработки тепла (метаболическая энергия M минус выполненная внешняя работа W), потерях тепла через кожу вследствие конвекции C, радиации R и испарения E и потери тепла при дыхании в результате конвекции C_{res} и испарения E_{res}. Передача тепла посредством теплопроводности K обычно является незначительной величиной и часто игнорируется. Концептуальная форма уравнения теплового баланса тела имеет вид:

$$M - W = C + R + E + C_{res} + E_{res} + S. \qquad (A.3.1)$$

Все параметры в указанном уравнении выражены в ваттах на квадратный метр площади поверхности тела (Вт/м^2, см. примечание). Поэтому значения могут суммироваться и вычитаться, а относительный вклад каждого параметра в общий тепловой баланс может быть легко установлен.

Примечание — Площадь поверхности тела можно оценить с помощью вычисления, используя рост и массу человека. Ее можно также принять за фиксированное значение, исходя из оценки для среднестатистического человека (например, 1,8 $м^2$).

Основное практическое внимание в применении уравнения теплового баланса тела состоит в том, чтобы представить уравнения для каждой составляющей в значениях параметров, которые можно измерить или оценить (например, шесть основных параметров). Методы составления таких уравнений представлены в ИСО 7933 для оценки горячей, в ИСО 7730 для оценки умеренной и в ИСО/ТО 11079 для оценки холодной среды.

А.4 Терморегуляция человека

А.4.1 Общие требования

Тепловой обмен между телом и окружающей средой является непрерывным и динамическим процессом. Если наблюдается тенденция повышения или понижения температуры тела, то реакция человека состоит в том, чтобы попытаться восстановить тепловой баланс и обеспечить оптимальную температуру внутри тела. Эта реакция может быть поведенческой (например, надевается одежда или изменяется положение тела) или физиологической (например, изменяется физиологическое состояние тела).

Физиологическая реакция тела определяется системой терморегуляции, центр управления которой находится в головном мозге. Температурные рецепторы тела (кожа, внутренние органы, нервная система) поставляют информацию в центр управления. Когда температура тела оказывается слишком высокой, тогда для увеличения потери тепла больше крови направляется в кожные кровеносные сосуды (для их расширения), а в случае необходимости происходит потоотделение. Когда температура тела становится слишком низкой, тогда для уменьшения потери тепла подача крови в кожные кровеносные сосуды сокращается (для их сужения), а в случае необходимости увеличивается выработка метаболического тепла (например, возникает дрожь).

Поэтому система терморегуляции тела играет определяющую роль в реакции человека на окружающую среду и, следовательно, на принципы оценки горячей, умеренной и холодной окружающей среды. Таким образом, оценку тепловой окружающей среды можно часто рассматривать в значениях тепловой нагрузки на организм, вызванной его попытками поддержания теплового баланса.

А.4.2 Условия горячей среды

Когда организму жарко, расширение кровеносных сосудов вызывает повышение температуры кожи и увеличение сердечного ритма. При увеличении уровня тепловой нагрузки происходит потоотделение. Расчетный уровень потоотделения, необходимого для поддержания теплового баланса (SWreq), позволяет получить коэффициент воздействия горячей окружающей среды (ИСО 7933). Если SWreq нельзя получить в физиологических значениях или он вызывает недопустимое обезвоживание, это определяет критерии для определения допустимого времени нахождения людей в горячей окружающей среде. В ИСО 7933 представлены эти критерии и физиологические данные для людей с акклиматизацией и без акклиматизации. В ИСО 9886 представлен порядок выполнения измерений и интерпретация внутренней температуры тела, температуры кожи, сердечного ритма и потери массы тела вследствие дыхания и потоотделения.

А.4.3 Условия умеренной среды

Условия умеренной среды налагают минимальные требования на систему терморегуляции тела. При оценке применяются шкалы субъективных суждений, измерение окружающей среды и аналитические методы (ИСО 10551, ИСО 7730). Исследования обычно касаются определения теплового комфорта, который определяется как такое состояние восприятия, которое выражает удовлетворение тепловой окружающей средой.

При измерениях окружающей среды и использовании аналитических методов оценки часто определяют тепловой дискомфорт как для всего организма, так и для его локальных частей. Тепловые индексы предсказанной средней положительной оценки (PMV) и предсказанного процента отрицательных оценок (PPD), используемые в ИСО 7730 для оценки дискомфорта всего организма, являются производными трех требований для создания теплового комфорта. Это:

а) чтобы поддерживался тепловой баланс тела;

в) чтобы потоотделение было в пределах шкалы комфорта;

с) чтобы температура кожи была в пределах шкалы комфорта.

Для определения условий теплового комфорта следует избегать определений местного теплового дискомфорта в значениях сквозняков, асимметричных тепловых градиентов излучения и температуры пола.

Для дополнительной оценки при исследовании отдельных лиц или определенных групп населения методы субъективной оценки могут дать прямую информацию о тепловом комфорте и дискомфорте.

А.4.4 Условия холодной среды

При охлаждении организма сужение кровеносных сосудов приводит к понижению температуры кожи (особенно на руках и ногах), что вызывает дискомфорт и существенную поведенческую реакцию, направленную на предотвращение замерзания. Главное значение имеет сохранение тепла одеждой. Вычисление теплоизоляции одежды, необходимой для сохранения теплового баланса и обеспечения теплового комфорта (индекс IREQ см. в ИСО/ТО 11079), позволяет получить индекс поражения холодом и определить комплект одежды, необходимой для ношения в холодной окружающей среде (например, в ИСО 9920). Физиологическое измерение внутренней температуры тела и температуры кожи (среднюю температуру кожи на теле и температуру кожи на пальцах рук и ног) позволит получить индекс тепловой нагрузки на тело (ИСО 9886).

А.5 Тепловые индексы

Основные фундаментальные и прикладные исследования реакции человека на тепловую окружающую среду были направлены на определение тепловых индексов. Принцип заключается в том, что соответствующие факторы (например, шесть основных параметров) объединяются для получения одного коэффициента с таким значением, которое меняется в зависимости от изменения реакции человека и которое можно использовать для предсказания воздействия окружающей среды. Для получения «идеального» индекса две различные тепловые среды с одинаковым значением теплового индекса должны вызвать одинаковую реакцию человека.

Для удобства тепловые индексы можно разделить на три типа. Рациональные тепловые индексы основаны на расчетах, в которых используется уравнение теплового баланса тела. Эмпирические индексы получаются из «подгонки» математических моделей (например, графиков) под данные, полученные от реакции субъектов. Прямые индексы — это данные измерений, полученные при помощи простого прибора, который реагирует на изменение тепловой среды способом, сходным с реакцией людей. Способ деления индексов на три типа является очень удобным, но имеется много других тепловых индексов, используемых исследователями в разных странах, некоторые из которых можно рассматривать в качестве комбинаций этих типов.

Для оценки тепловой окружающей среды в методах, представленных в международных стандартах, используются индексы, проверенные международным опытом. Для горячей окружающей среды индекс температуры влажного шарика психрометра (индекс WBGT) можно рассматривать в качестве прямого индекса (ИСО 7243), а индекс нормы необходимого потоотделения (SWreq) определяет рациональный аналитический подход (ИСО 7933). Для умеренной окружающей среды используется индекс предсказанной средней положительной оценки PMV (ИСО 7730), а для холодной окружающей среды используется индекс требуемой теплоизоляции одежды IREQ (ИСО/ТО 11079). Оба этих индекса используются в уравнении теплового баланса тела.

А.6 Выделение метаболического тепла

Для производства энергии организм использует кислород и пищу, и скорость, с которой это происходит, называют скоростью выделения метаболического тепла *M*. Большая часть энергии преобразуется в тепло *H*, а часть энергии используется для совершения механической работы *Bm*. Тогда выделение метаболического тепла можно представить как $H = M - Bm$, и оно обычно определяется в единицах ватт на квадратный метр площади поверхности тела. Диапазоны *Bm* находятся в пределах приблизительно от 0 до 20 % *M*, но, поскольку этот параметр трудно измерить, его значение часто принимается за 0.

Для оценки тепловой окружающей среды требуется оценка выделения метаболического тепла. В ИСО 8996 предлагаются методы оценки, диапазон которых простирается от методов сбора воздуха, выдыхаемого субъектами, до использования простых таблиц значений для выполнения различных работ. Все методы имеют погрешности, и эти погрешности необходимо учитывать в любой оценке.

А.7 Одежда

Механизмы, определяющие теплоизоляцию, создаваемую одеждой, являются комплексными и полностью понимаемыми. Комплекты одежды должны обеспечивать теплообмен для сохранения теплового баланса (и комфорта). В качестве простой модели теплоизоляции рассматривается слой одежды, непосредственно соприкасающийся с кожей. Сопротивление отдаче сухого тепла и передаче испарения определяется отдельно, а поверхность одежды характеризуется сопротивлением окружающей среде.

В этой модели на сопротивление окружающей среде влияет состояние этой среды. Базовые значения для одежды (присущие ей) представлены в таблицах в ИСО 9920. В основном данные представлены для сопротивления отдаче сухого тепла, хотя имеются некоторые данные по сопротивлению передачи испарения. Значения теплоизоляции одежды являются важными для расчета уравнения теплового баланса тела в одежде (ИСО 7933, ИСО/ТО 11079). Простая модель с двумя параметрами, описанная выше, имеет ограничения для практического применения. К примеру, движения тела приводят к возникновению эффектов накачивания и большей потере тепла. Информация по этим и другим эффектам достаточно ограничена.

А.8 Практическое применение

Главная цель эргономики тепловой окружающей среды состоит в установлении соответствия между требованиями выполнения работы и человеческими возможностями. Использование эргономики позволяет получить инструмент для определения характера проблемы и нахождения решения, например в значениях оптимального проекта тепловой среды. Варианты проекта включают в себя расчет целевых значений климатических переменных, внесение изменений в характер работы и ее организацию, определение средств защиты для работников и соответствующее сочетание этих параметров.

Поэтому важно отметить, что эргономика играет важную роль в придании такому проекту большей гибкости, особенно когда речь идет о производстве, а также там, где технические трудности и затраты ограничивают обеспечение оптимального климатического контроля. По мере того как каждое исследование в области эргономики будет открывать уникальные особенности для конкретного применения и целевого назначения, международные стандарты будут обеспечивать всестороннее обоснование для выполнения такого исследования.

Основные фундаментальные и прикладные исследования, связанные с изучением реакции человека на тепловую окружающую среду, проводились в военной, промышленной и коммерческой областях. Вместе с тем прикладное использование эргономики охватывает все области, в которых заняты люди. Поэтому принципы оценки тепловой окружающей среды не будут иметь значительных изменений в зависимости от определенной ситуации. Вместе с тем могут быть отклонения для их практического применения при проведении специальных исследований, например в отношении больных или инвалидов.

Приложение В
(справочное)

Эргономика тепловой среды: будущие международные стандарты

Б.1 Контакт кожи с твердыми поверхностями

Б.1.1 Контакт кожи с горячими поверхностями

Б.1.1.1 Область применения

Во вновь разработанном стандарте будет представлен метод определения температур поверхности, которые будут вызывать ожог при контакте открытой кожи с горячей поверхностью и при контакте защищенной кожи с горячей поверхностью.

Б.1.1.2 Принцип

Вновь разработанный стандарт будет основан на методах, предложенных в европейском стандарте ЕН 563. В нем представлены данные в отношении обстоятельств, при которых контакт с горячей поверхностью может привести к ожогам. Данные предельных температур, вызывающих ожог, приводятся в значениях типа материала, продолжительности контакта и температуры поверхностей.

Б.1.2 Контакт кожи с поверхностями с комфортными температурами

Б.1.2.1 Область применения

Во вновь разработанном стандарте будут представлены методы прогнозирования теплового ощущения и степени дискомфорта (тепловой неудовлетворенности) людей, соприкасающихся с поверхностями с умеренной температурой. Он не является указанием по предотвращению болевых ощущений или повреждений на коже. Этот международный стандарт будет применяться к касанию рукой, ногой и другими частями тела, но не распространяется на руки в перчатках. Этот стандарт будет применяться для случаев, когда работники, соприкасающиеся с поверхностями, отмечают тепловое ощущение для всего тела, близкое к нейтральному.

Б.1.2.2 Принцип

В этом международном стандарте будут представлены данные в части взаимосвязи между касанием поверхностей и субъективным ощущением и комфортом (дискомфортом). Данные будут представлены в значениях физических свойств материалов, температуры поверхностей, продолжительности соприкосновения, состояния кожи и анатомических и физических особенностей людей. Также будут описаны уравнения для прогнозирования, инструментальное оснащение специалистов, экспериментальные методы и испытания, проведенные исследователями.

Б.1.3 Контакт кожи с холодными поверхностями

Б.1.3.1 Область применения

Во вновь разработанном стандарте будет представлен метод для определения температур поверхности, которые могут вызвать повреждения кожи при касании открытой кожей холодной поверхности и при касании закрытой кожей холодной поверхности.

Б.1.3.2 Принцип

На этапе определения. В результате предварительной работы предполагается, что будут представлены значения температур поверхности, при которых происходит блокировка сенсорных рецепторов кожи, прилипание кожи к холодным поверхностям, обморожение и другие повреждения.

Б.2 Словарь

Б.2.1 Область применения

Во вновь разработанном стандарте будут представлены термины, определения, символы и единицы величин, используемых в области эргономики тепловой окружающей среды и, в частности, используемых в международных стандартах.

Б.2.2 Принцип

Принцип должен показать перечень определений, символов и единиц в качестве справочного материала для пользователей международных стандартов и для специалистов, разрабатывающих стандарты, чтобы обеспечить внутреннюю логичность.

Б.3 Применение стандартов

Б.3.1 Применение соответствующих международных стандартов для лиц с физическими недостатками, пожилых и инвалидов

Вновь разрабатываемый стандарт предназначается для обобщения первичной информации по тепловым поражениям в отношении различных групп людей с ограниченными физическими возможностями. Он обеспечит правильное применение или внесение изменений в международные стандарты, касающиеся вопросов эргономики тепловой окружающей среды в отношении этих групп людей.

Он будет включать в себя:

- краткие описания тепловых поражений и их особенности, требующие принятия во внимание;
- подробную информацию о некоторых важных поражениях,
- сведения о зависимости теплового поражения;

- пример предложенного международного стандарта для оценки тепловых условий в жилых помещениях для инвалидов и пожилых людей.

Б.3.2 Планирование работы в холодной среде

Область применения и принцип вновь разрабатываемого стандарта находятся на стадии принятия решения, но, возможно, будут основаны на проекте немецкого стандарта DIN 33 403, часть 5.

Б.3.3 Применение признанных международных стандартов для долгосрочной оценки тепловой среды в офисах

Б.3.3.1 Область применения вновь разрабатываемого стандарта находится на стадии принятия решения. Предварительная работа предполагает, что будет рассматриваться качество климата внутри помещения в зависимости от максимально допустимого количества рабочего времени, в течение которого комфорт отсутствует.

Б.3.3.2 Принцип находится на стадии принятия решения. Предварительная работа предполагает, чтобы индексы PMV и PPD, представленные в ИСО 7730, использовались для определения продолжительности времени, в течение которого тепловые условия в офисе могут считаться недопустимыми в расчете на рабочий год. Затем это значение будет использоваться в качестве индекса долгосрочного качества тепловой среды в офисе.

Б.3.4 Оценка тепловой среды в транспортных средствах

Область применения и принципы вновь разрабатываемого стандарта находятся на стадии принятия решения.

Приложение С
(справочное)

Сведения о соответствии национальных стандартов Российской Федерации ссылочным международным стандартам

Таблица С.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
ИСО 7243:1989	*
ИСО 7726:1998	*
ИСО 7730:2005	*
ИСО 7933:2004	*
ИСО 8996:2004	*
ИСО 9886:2004	*
ИСО 9920:2007	*
ИСО 10551:1995	*
ИСО/ТО 11079:1993	*
* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта. Перевод данного международного стандарта находится в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.	

УДК 331.433:006.354 ОКС 13.180 Т58

Ключевые слова: эргономика, рабочие места, окружающая среда, тепловая среда, температура, человеческое тело, тепловой комфорт, международные стандарты, практическое применение

Редактор *Р.Г. Говердовская*
Технический редактор *Л.А. Гусева*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 18.01.2008. Подписано в печать 11.02.2008. Формат 60 × 84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал. Печать офсетная. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,60. Тираж 151 экз. Зак. 80.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
www.gostinfo.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.

gost.e-ecolog.ru