

ВВЕДЕНИЕ

В системе показателей качества одежды важнейшие значения имеют гигиенические показатели, определяющие микроклимат у поверхности тела человека, тепло и газообмен его с окружающей средой.

Оптимальный микроклимат под одеждой обеспечивает нормальное функциональное состояние человека, хорошее его самочувствие и как следствие этого сохранение высокой работоспособности, рост производительности труда, эффективность жизнедеятельности человека в целом.

Именно этим объясняется тот факт, что значимость гигиенических показателей потребительской оценки одежды непрерывно возрастает и становится все более важным критерием приобретения и потребления населением, как готовой одежды, так и материалов для нее. Этим объясняется также и значительное усиление внимания в последнее время, как в научных исследованиях, так и в практике создания одежды к проблеме адекватности одежды условиям ее эксплуатации в системе человек – одежда – среда.

Проблема создания одежды, соответствующей гигиеническим требованиям, становится еще более актуальной в связи с широким внедрением материалов приготовленных химическим путем, с тенденцией к значительному снижению материалоемкости тканей, с необходимостью эксплуатации одежды в различных климатических зонах страны, предъявляющих целый ряд дополнительных, иногда разноплановых требований. Это обуславливает тот факт что, все большее значение в проектировании и оценке качества одежды занимает проблема ее гигиеничности.

Производство одежды является одной из важных отраслей народного хозяйства, однако научная разработка вопросов проектирования одежды, а также методов её оценки отстаёт от требований потребителя. Поэтому швейная промышленность вынуждена, как правило, изготавливать одежду и выбирать материалы для неё сугубо эмпирически, без учёта гигиенических требований к ней, климатических условий, особенностей трудовых процессов и других факторов. Это снижает теплозащитные функции одежды и ведёт к излишним неоправданным затратам сырья и труда.

Появившись на определенном историческом этапе одежда и обувь, так же как и жилье, в значительной мере расширили возможности существования и производственной деятельности человека в районах с суровыми климатическими условиями.

По мнению некоторых авторов и в результате археологических исследований установлено, что возникновение одежды, а затем и обуви относится к отдаленнейшим временам человеческой истории. В качестве первой одежды использовались накидки (плащи) из шкур животных, листьев и коры деревьев. Найденные костяные иглы свидетельствуют о

появлении сшитой одежды из звериных шкур в период древнего палеолита. В эпоху неолита человек овладел искусством прядения, плетения и ткачества из волокон дикорастущих деревьев, а затем при переходе к земледелию и скотоводству из культурных растений льна, конопли, хлопка и шерсти животных.

Начало научного исследования одежды и материалов для их изготовления относится к концу XIX века. На протяжении многих столетий до этого существовали априорные суждения в данной области, придавая при этом решающее значение исходным материалам: шерсти, хлопку, шелку приписывая им благотворное влияние на здоровье человека. Так, в 80-х годах прошлого столетия особенно упорно пропагандировалась «теория» немецкого профессора В. Егера: одежда из шерсти, начиная от белья и заканчивая верхней одеждой. При этом автор гарантировал своим последователям хорошее здоровье и долголетие.

Другие более рациональной считали льняную одежду, ссылаясь на крепкое здоровье и долголетие сельского населения, которое в те времена носило самотканую одежду из льна.

Если раньше большое значение придавали исходному материалу – скрою (шерсти, хлопку и др.), то позднее было сформулировано научное положение о том, что гигиеническая характеристика материала одежды в целом определяется в большей степени структурой ткани. Известно, что из хлопка можно изготовить тончайшую ткань типа батиста и очень толстую байку, плотную и воздухо-упорную палаточную ткань и очень рыхлые трикотажные полотна. Поэтому все основные свойства тканей одежды: масса, толщина, воздухопроницаемость, теплоизоляция могут изменяться в широком диапазоне в зависимости от способа и технологии их приготовления. Т.е. в зависимости от толщины и степени скручивания нитей, характера их переплетения, плотности ткани и др. Такое положение объясняется тем, что текстильные материалы не являются однородным материалом и могут представлять собой многообразную и сложную структуру, состоящую из исходного материала и воздуха. Количество последнего может колебаться в больших пределах. Например, в плотных и гладких тканях воздуха содержится до 50%, в трикотажных полотнах – до 90–95%, а в ватине и в вате – до 98–99%. В зависимости от количества содержания воздуха существенно изменяются важнейшие свойства материала и, прежде всего, их теплозащитная способность, воздухопроницаемость, водонепроницаемость и др.

Исследованиями ученого-гигиениста М. Петтенкофера (1865 г.) было положено начало научно-экспериментальному методу изучения материалов одежды.

Позднее немецким гигиенистом М. Рубнером (1885 г.) на основе экспериментальных данных было показано, что влияние одежды на цело-

века определяется не только свойствами материалов, из которых она приготовлена, но также соответствием одежды внешним условиям и состоянием организма в данный момент. М. Рубнером впервые были сформулированы общие гигиенические требования к одежде. В 1934 г. гигиенистами А.Д. Астафьевым, С.И. Слоневским и теплофизиком К.Ф. Фокиным, исследовавшими взаимосвязь теплообмена человека и теплофизических параметров одежды, была продемонстрирована возможность проектирования одежды с заданными параметрами.

Гигиенические требования к одежде для защиты от холода были сформулированы Ю.В. Вадковской, П.Е. Калмыковым, П. Сайплом (P. Siple), к одежде для жаркого климата – Ю.В. Вадковской.

Основываясь на результатах многочисленных исследований, проведенных в холодных климатических зонах, проф. Ю.В. Вадковская уделяет особое внимание защите одежды от увлажнения, являющегося причиной увеличения теплопроводности материалов и повышения теплопотерь человека. По ее мнению своевременное удаление водяных паров и предупреждение накопления влаги в одежде может быть обеспечено соответствующим покроем одежды и рациональным подбором материалов.

Сайпл на основании многолетних наблюдений во время экспедиций в Антарктику предложил три принципа построения одежды.

1. Теплозащитные свойства одежды рассчитывают исходя из энергозатрат человека, находящегося в покое. В случае усиления физической активности охлаждение организма должно происходить за счет проветривания пододежного пространства.

2. Теплозащитные свойства одежды недостаточны для человека, находящегося в покое, но при этом он имеет возможность поддерживать тепловое равновесие путем усиления физической деятельности.

3. Теплозащитные свойства одежды изменяются в зависимости от вида деятельности и метеорологических условий за счет сокращения или увеличения слоев одежды.

В первом случае движения человека ограничены большой толщиной и массой одежды. При выполнении физической работы наступает обильное потоотделение и усталость, для предотвращения которых необходима вентиляция пододежного пространства. Однако, расстегивая ворот и снимая головной убор, можно резко изменить теплоотдачу.

Одежда, выбранная в соответствии с первым принципом ее построения, пригодна для той категории лиц, профессия которых не требует большой физической активности: пилотов, наблюдателей, шоферов, крановщиков, бульдозеристов, машинистов.

Второй принцип построения одежды рассчитан на адаптацию организма человека к низкой температуре. Предполагается, что холод стимулирует физическую активность и снижает усталость. Одежда с низ-

кими теплозащитными свойствами в меньшей степени затрудняет движение человека.

Одежда, выбранная согласно этому принципу, пригодна для людей физического труда (строителей, шахтёров, геологов и т. п.). Этим категориям работающих после прекращения физической деятельности требуется дополнительная одежда для защиты от холода.

По третьему принципу организм человека частично приспосабливается к низкой температуре воздуха. Стимул к двигательной активности в этом случае может быть вызван сокращениями слоёв одежды, а регулировать теплоотдачу, можно снимая и надевая ветрозащитный слой.

Изучению гигиенических свойств одежды посвящены труды многих исследователей. Одно из направлений исследования одежды на современном этапе – разработка и обоснование физиолого-гигиенических требований к специальной одежде, защищающей человека от неблагоприятных факторов внешней среды, которые не поддаются регулированию. Современный уровень развития техники и технологии производства швейных изделий позволяет создавать специальную одежду, регуливающую теплообмен между человеком и окружающей средой путём подвода или отвода тепла благодаря применению в ней специальных или нагревающих устройств.

В настоящее время накоплен большой материал по гигиенической оценке одежды. Разработаны методы и критерии физиолого-гигиенической оценки одежды. Установлена взаимосвязь между некоторыми техническими параметрами материалов одежды и одежды в целом, исследовано влияние различной по материалам и конструкции одежды на организм человека. Эти данные являются основой для проектирования одежды различного назначения.

Задача курса «Гигиена одежды» – освещение основных гигиенических требований к одежде различного назначения, физиологии теплообмена между человеком и внешней средой, рассмотрение физиологических показателей, определяющих соответствие одежды гигиеническим требованиям, и основных гигиенических принципов проектирования одежды различного назначения, а современных методов физиолого-гигиенической оценки одежды.

1. ТЕПЛООБМЕН ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА С ВНЕШНЕЙ СРЕДОЙ И ЕГО ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Одна из важнейших функций одежды – обеспечение теплового комфорта, который является условием нормальной жизнедеятельности человека, выражающейся в хорошем его самочувствии и высокой работоспособности. Необходимое условие сохранения длительного комфорта – поддержание теплового баланса, который достигается, в частности, путем терморегуляции организма и применения требуемой одежды.

1.1. Терморегуляция человека

Особенностью организма человека, как и всех теплокровных, является поддержание, вне зависимости от условий среды, постоянства температуры внутренних органов тела и сохранение средней поверхностной температуры. Это обусловлено деятельностью центральной нервной системы и носит название терморегуляции. Именно благодаря ей и достигается постоянство температуры тела. Организм человека представляет собой саморегулируемую систему, в которой в нормальных условиях количество образованного тепла равно количеству тепла, отданного во внешнюю окружающую среду.

Иными словами, *терморегуляцией* называется совокупность физиологических процессов, обусловленных деятельностью центральной нервной системы и направленных на сохранение температуры тела на постоянном уровне.

При увеличении выделения тепла в организме или при перегревании тела вследствие поступления тепла извне механизм терморегуляции способствует увеличению теплоотдачи.

При охлаждении организма (обусловленного, в частности, несоответствием теплозащитных функций одежды метеорологическим условиям) механизм терморегуляции вызывает уменьшение теплоотдачи и увеличение выделения тепла в организме.

Терморегуляцию, обеспечивающую увеличение теплообразования в организме в ответ на его охлаждение, принято называть химической, а терморегуляцию, направленную на уменьшение или увеличение теплоотдачи в окружающую среду – физической.

Химическая терморегуляция под действием охлаждающего фактора осуществляется преимущественно путем повышения мышечного тонуса и дрожи, которые приводят к дополнительному образованию тепла в организме.

Физическая терморегуляция осуществляется путём расширения и сужения кровеносных сосудов в коже. В первом случае происходит увеличение теплоотдачи за счёт повышения теплопроводности тканей организма, температуры кожи и градиента температур, испарение влаги,

во втором снижении теплоотдачи за счет уменьшения теплопроводности тканей и градиента температур.

В наибольшей степени физическая терморегуляция выражена в области кистей и стоп, в меньшей – в области головы. Терморегуляция в этих участках уменьшается соответственно на 40% и 7%.

1.2. Теплопродукция человека

Тепловое состояние человека в значительной мере зависит от количества, вырабатываемого им тепла – теплопродукции.

Интенсивность образования тепла в процессе жизнедеятельности человека зависит от возраста, пола, температуры окружающей среды, питания, интенсивности мышечной деятельности.

Процессы превращения энергии в организме очень сложны. Часть энергии, образующейся в организме, превращается в механическую N , которая затем расходуется на выполнение внешней работы. Основная же часть энергии переходит в тепловую $Q_{\text{от}}$.

Таким образом, энергия, выделяемая в организме человека в виде тепла (теплопродукция) и расходуемая на поддержание постоянного уровня температуры тела, составляет при физической работе только часть общих энергозатрат $Q_{\text{от}}$.

$$Q_{\text{от}} = Q_{\text{вб}} - N \quad (1)$$

В состоянии покоя

$$Q_{\text{от}} = Q_{\text{вб}} \cdot$$

Количество выполненной работы N может быть определено из уравнения:

$$N = k(Q_{\text{вб}} - Q_o) \quad (2)$$

где k – термический коэффициент полезного действия;

Q_o – основной обмен ($\text{Вт}/\text{м}^2$).

Основной обмен – это минимальное количество энергии, которое необходимо для поддержания жизненных основных процессов, при условии полного покоя, при расслаблении мышц, отсутствие внешних раздражителей, натощак, в комфортных микроклиматических условиях.

Величина основного обмена, у здорового человека колеблется в зависимости от возраста и пола. В табл. 1 приведены нормативные величины основного обмена на единицу поверхности тела человека.

Таким образом, для определения теплопродукции человека необходимо знать его общие энергозатраты $Q_{\text{от}}$, термический коэффициент полезного действия k и основной обмен Q_o .

$$Q_{\text{от}} = Q_{\text{вб}} - k(Q_{\text{вб}} - Q_o) \quad (\text{А} \cdot \text{д} / \text{т}^2) \quad (3)$$

Таблица 1

Основной обмен Q_o , Вт/м²

Возраст, годы	Мужчины	Женщины
3	69,9	63,4
5	65,5	61,6
8	58,3	56,3
10	54,2	51,5
12	50,9	47,2
15	48,6	42,8
20	44,7	39,9
25	43,1	39,5
30	42,3	39,7
35	41,4	39,0
40	41,3	37,9
50	39,3	37,1
60	38,5	36,4
70	37,7	35,7

Данные о теплообразовании необходимы для расчета тепловотерь организма, которые в свою очередь служат основой для расчета термического сопротивления одежды. Благодаря термическому сопротивлению одежды обеспечивается нормальный тепловой баланс организма.

По физиолого-гигиеническим данным, величина энергозатрат при умственной работе составляет 105–128 Вт. При работе в промышленности и на транспорте 174–436 Вт, на сельскохозяйственных работах 225–407 Вт, во время передвижения на транспортных средствах стоя 99–134 Вт, при ходьбе с малыми и средними скоростями соответственно 163–233 и 233–349 Вт, во время сна и отдыха (лёжа) 76–90 Вт, во время бодрствования 99–134 Вт.

1.3. Теплоотдача человека

Процессы жизнедеятельности человека сопровождаются как непрерывным теплообразованием, так и отдачей тепла в окружающую среду. Теплоотдача происходит преимущественно через кожу (83%) и отчасти через слизистые оболочки. Регулируется она путём изменения циркуляции крови и за счёт повышения или ослабления потоотделения. Суже-

ние сосудов способствует сохранению вырабатываемого тепла (до 70%), а расширение создаёт условия для его потери (почти на 90%).

Процесс отдачи тепла организмом человека осуществляется в основном теплопроводностью, конвекцией, излучением, дыханием, испарением.

Отдача тепла организмом в состоянии покоя (при температуре среды 20 градусов) распределяется следующим образом (%):

Конвекция	31,0
Излучение	43,74
Испарение	21,71
Нагревание пищи	1,55
Нагревание воздуха в легких	1,30
Потеря тепла с выделениями	0,70

Как видно из приведённых данных, излучение занимает первое место среди других видов теплоотдачи. Поэтому при проектировании теплозащитной одежды и выборе материалов для неё необходимо стремиться к тому чтобы она по возможности была непроницаема для излучения. С этой точки зрения представляют интерес материалы, поверхность которых металлизирована.

Указанное распределение теплоотдачи значительно меняется при выполнении различных видов физической работы, что также надо учитывать при создании одежды.

Потери тепла излучением

В нагретом теле часть тепловой энергии всегда превращается в лучистую. Одним из носителей лучистой энергии являются инфракрасные лучи. Эти лучи называются тепловыми, а процесс их распределения – тепловым излучением или радиацией.

Радиационный теплообмен может идти как с положительным, так и с отрицательным тепловым балансом для человека.

Положительный – когда средняя температура предметов, окружающих человека, выше температуры поверхности его тела. В этом случае за счёт инфракрасного излучения тело человека нагревается.

Отрицательный радиационный тепловой баланс наблюдается, когда средняя температура предметов, окружающих человека, ниже температуры поверхностей его тела. В этом случае происходит охлаждение организма.

Тепловые излучения в значительной степени зависят от разности температур поверхностей тела человека и окружающих предметов.

При небольшой разности температур тел, что практически наблюдается в условиях эксплуатации одежды, уравнение для определения количества тепла, передаваемого радиацией, Вт, можно написать в виде:

$$Q_{\delta\delta\bar{a}} = \alpha_{\delta\delta\bar{a}} S_{\delta\delta\bar{a}} (t_1 - t_2), \quad (4)$$

где $\alpha_{\delta\delta\bar{a}}$ – коэффициент излучения, Вт/м²·°С;

$S_{\text{д\ddot{a}ä}}$ – поверхность тела человека, участвующая в радиационном теплообмене, м²;

t_1 – температура поверхности тела (одежды), °C;

t_2 – температура поверхности окружающих, °C.

Поверхность тела человека, участвующая в радиационном теплообмене, меньше всей поверхности тела человека, т. к. некоторые части тела взаимно облучаются и не принимают участия в теплообмене.

Поверхность тела, участвующая в отдаче тепла, может составлять 71–95% от всей поверхности тела человека.

Потери тепла конвекцией

В воздушной среде тепло переносится в основном путем перемещения (конвекции) частиц. Потому процесс теплообмена между телом и воздухом называется конвекционным теплообменом.

Различают конвекционный теплообмен свободный (вследствие разности температуры тела и воздуха) и вынужденный (под влиянием движения воздуха).

Теплоотдача конвекцией, Вт, может быть определена на основе закона Ньютона (охлаждения тел) по уравнению:

$$Q_{\text{еи\ddot{ä}}} = \alpha_{\text{еи\ddot{ä}}} S_{\text{еи\ddot{ä}}} (t_{\text{еи\ddot{ä}}} - t_{\text{ä}}), \quad (5)$$

где $\alpha_{\text{еи\ddot{ä}}}$ – коэффициент теплоотдачи конвекцией, Вт/м²·°C, зависит от формы тела и скорости движения воздуха;

S – площадь поверхности тела человека, м²;

$t_{\text{еи\ddot{ä}}}$ – температура поверхности тела (одежды) человека, °C;

$t_{\text{ä}}$ – температура воздуха, °C.

Потери тепла теплопроводностью (кондукцией)

При эксплуатации одежда может плотно прилегать к телу человека и находиться в соприкосновении с телом или каким-либо предметом (например, при сидении, лежании и т.д.).

Теплопередача от поверхности тела человека к соприкасающимся с ним твердым предметам осуществляется теплопроводностью (кондукцией).

Перенос тепла в этом случае происходит в соответствии с законом Фурье:

$$Q_{\text{еи\ddot{ä}}} = \lambda \frac{t_1 - t_2}{\delta} \cdot S \cdot \tau, \quad (6)$$

где $Q_{\text{еи\ddot{ä}}}$ – количество тепла, прошедшего через стенку с площадью S в течение времени τ , Вт;

λ – коэффициент теплопроводности пакета одежды, Вт/м·°С;
 t_1 – температура внутренней стороны стенки (пакета одежды), °С;
 t_2 – температура наружной (холодной) стороны стенки, °С;
 δ – толщина пакета одежды, м;
 S – площадь поверхности одежды, м².

Как видно из приведенного уравнения, отдача тепла кондукцией будет тем больше, чем ниже температура предмета, с которым человек соприкасается, больше поверхность соприкосновения и меньше толщина пакета одежды.

В обычных условиях доля потерь тепла кондукцией невелика, так как коэффициент теплопроводности воздуха (неподвижного) незначителен. При этом человек теряет тепло кондукцией лишь с поверхности подошв, площадь которых составляет около 3% от всей поверхности тела. Однако в некоторых случаях (например, в кабине танка) площадь соприкосновения одежды с холодными стенками может быть довольно большой.

Потери тепла дыханием

Потери тепла при дыхании (вследствие нагревания вдыхаемого воздуха) составляет небольшую долю общих теплотерь. С увеличением энерготрат и уменьшением температуры воздуха теплотери этого вида увеличиваются.

Потери тепла вследствие нагревания вдыхаемого воздуха $Q_{\text{дых. н}}$, Вт, могут быть определены из уравнения

$$Q_{\text{дых. н}} = 0,0012 Q_{\text{вд}} (34 - t_a), \quad (7)$$

где t_a – температура окружающего воздуха, °С;
 34 – средняя температура выдыхаемого воздуха.

При расчетах теплотерь $Q_{\text{дых. н}}$ температуру выдыхаемого воздуха рекомендуется принимать равной при высокой температуре 36°С, при средней 34°С и при низкой 30°С.

Потери тепла испарением

Организм человека в процессе жизнедеятельности непрерывно выделяет определенное количество влаги, расходуя на ее испарение собственное тепло (на испарение 1 л. воды в среднем расходуется 2430 Дж. тепла). При этом количество влаги, выделяемой организмом, зависит от температуры, условий внешней среды, солнечной радиации, скорости обмена веществ, интенсивности трудовых процессов, размеров тела человека и др. Количество тепла, расходуемого организмом на испарение, обычно подсчитывают по убыли веса тела человека через определенный интервал времени.

Максимально возможные потери тепла испарением пота

$$Q_{\text{эп.п.}} = 17,3 \cdot (P_{\text{нас.к.}} - P_a) \cdot (0,5 + \sqrt{V}), \quad (8)$$

где $P_{\text{нас.к.}}$ – максимально возможное насыщение водяного пара при температуре кожи человека, мм. рт. ст.

P_a – давление водяного пара в воздухе (абс. влажность), мм рт. ст.

Разницу $P_{\text{нас.к.}} - P_a$ называют физиологическим дефицитом насыщения.

V – скорость движения воздуха, м/с.

В условиях высокой температуры при интенсивной мышечной деятельности организм вступает в область так называемого мокрого охлаждения, когда испарение пота является основным средством теплоотдачи.

1.4. Дефицит и избыток тепла в организме человека в условиях температурного дискомфорта

При рассмотрении тепловой энергии живого организма и расчета теплового баланса следует иметь в виду, что иногда теплопотери человека превосходят его теплопродукцию. Количественно это выражается в виде дефицита тепла, который может быть определен калориметрическим путем как разница между величиной теплоотдачи и теплообразования.

$$\dot{A} = Q_{\text{от}} - Q_{\text{пр}} \quad (9)$$

Дефицит тепла является величиной положительной, если теплоотдача превышает теплообразование, и отрицательной, если теплообразование выше теплоотдачи.

$$Q_{\text{от}} > Q_{\text{пр}} \quad Q_{\text{от}} - \dot{A} = Q_{\text{пр}} \quad (+) \text{ дефицит тепла;}$$

$$Q_{\text{от}} < Q_{\text{пр}} \quad Q_{\text{от}} - \dot{A} = Q_{\text{пр}} \quad (-) \text{ избыток тепла.}$$

Учитывая ограниченные теплоизоляционные возможности одежды, разнообразие и суровость климатических условий страны при проектировании одежды, в ряде случаев приходится допускать определенную степень теплового дискомфорта. Поэтому при тепловых расчетах одежды важно знать величины допускаемого дефицита тепла.

Дефицит тепла в организме может быть определен по изменению теплосодержания

$$\dot{A} = 3,47 \cdot 10^3 \cdot m \cdot \Delta\theta = 3,47 \cdot 10^3 \cdot m \cdot \left[\dot{E} \cdot \Delta t_{\text{д}} + (-\dot{E}) \cdot \Delta t_{\text{нае}} \right], \quad (10)$$

где D – дефицит тепла в организме, Вт;

$3,47 \cdot 10^3$ – средняя удельная теплоемкость тела человека; Дж/кг·°С;

m – масса тела человека, кг;
 $\Delta \theta$ – изменение средней температуры тела, °С;
 K – коэффициент смешивания температуры тела,
 Δt_p – изменение ректальной температуры от ее комфортного уровня, °С;
 $(1 - K)$ – коэффициент смешивания средневзвешенной температуры кожи;
 $\Delta t_{\text{сек}}$ – изменение средневзвешенной температуры кожи от ее комфортного уровня °С.

При определении средней температуры тела используется коэффициент смешивания $K = 0,7$

$$\dot{A} = 3,47 \cdot 10^3 \cdot \dot{v} \cdot (0,7 t_{\delta} + 0,3 t_{\text{п.а.е.}}) \quad (11)$$

Между величиной дефицита тепла и теплоощущениями человека существует тесная корреляционная связь.

В табл. 2 приведены величины дефицита тепла, соответствующие различным теплоощущениям человека.

Таблица 2

Дефицит и накопление тепла в теле человека и его теплоощущения

Теплоощущение	Единицы измерения	
	Кдж	Ккал
Очень жарко	> 344 (предел физиологической переносимости 500)	> 80 (предел физиологической переносимости 120)
Жарко	до 344	до 80
Тепло	до 208	до 50
Комфорт	до 121	до 29
Прохладно	203	50
Холодно	450	110
Очень холодно	740 (предел физиологической переносимости)	176 (предел физиологической переносимости)

Значение этих величин позволяет судить о степени охлаждения или перегревания человека, прогнозировать время его пребывания в тех или иных условиях, а также рассчитывать термическое сопротивление одежды с учетом непрерывного времени ее эксплуатации.

Следует отметить, что люди по-разному переносят накопление тепла в организме. Люди, обладающие высокой толерантностью (толерантность – способность (выносливость) переносить воздействия высоких и

низких температур без вреда для организма), в состоянии переносить накопление тепла в организме в количестве $272 \cdot 10^3 - 356 \cdot 10^3$ дж/м² поверхности тела или $490 \cdot 10^3 - 640 \cdot 10^3$ дж на весь организм.

Люди, обладающие средней толерантностью, могут переносить накопление тепла не более $322 \cdot 10^3$ дж/м² или $558 \cdot 10^3$ дж на весь организм, а люди с минимальной толерантностью – не более $230 \cdot 10^3$ дж/м² или $414 \cdot 10^3$ дж на весь организм.

Время, в течение которого данный человек может находиться в условиях жаркой среды, называется толерантным. Оно может быть рассчитано по скорости и предельно переносимой величине накопления тепла в организме.

В условиях низких температур допустимый темп охлаждения может быть приближенно рассчитан по формуле:

$$\Delta q = \frac{\ddot{A}}{\tau} \text{ (Вт)}, \quad (12)$$

где D – допустимый дефицит тепла в организме к данным условиям, дж.
 τ – время пребывания в данных условиях, сек.

1.5. Тепловой баланс организма человека

Для сохранения постоянной температуры тела вся система должна находиться в термостабильном состоянии. Для обозначения равенства между теплообразованием в организме и теплоотдачей принят термин «тепловой баланс».

Тепловой баланс достигается координацией процессов, направленных на образование тепла в организме (теплопродукция) и его выведение (теплоотдача). Он осуществляется аппаратом химической и физической терморегуляции человека, а также его приспособительными действиями, направленными на создание оптимального микроклимата путем использования одежды и жилища.

Обе части равенства, характеризующие тепловой баланс, являются переменными, зависящими как от физиологических, так и от физических факторов. Теплообразование (теплопродукция) в наибольшей степени зависит от физиологических факторов, теплоотдача – от физических факторов окружающей среды. Физиологический фактор в последнем случае регулирует передачу тепла от внутренних тканей тела человека к поверхности кожи.

Тепловой баланс человека может быть представлен следующим уравнением:

$$Q_{\text{дi}} + Q_{\text{дa}} = Q_{\text{дa}\zeta} + Q_{\text{eиa}} + Q_{\text{eиa}} + Q_{\text{aиo}} + Q_{\text{eиi.r}} \pm \ddot{A}, \quad (13)$$

где Q_{mn} – теплопродукция человека;

$Q_{тв}$ – внешняя тепловая нагрузка (например, в следствие солнечной радиации).

$Q_{рад}$ – потери тепла радиацией;

$Q_{конв}$ – потери тепла конвекцией;

$Q_{конд}$ – потери тепла кондукцией;

$Q_{дых}$ – потери тепла дыханием;

$Q_{исп.п}$ – потери тепла испарением пота;

D – дефицит тепла.

Все слагаемые уравнения теплового баланса отнесены к единице времени τ и выражены в ваттах. Остальные теплотери (на нагрев съедобной пищи, выпиваемой воды и пр.) незначительны по величине и не учитываются.

При проектировании одежды величину теплопродукции $Q_{тп}$ следует считать заданной (известной). В тех случаях, когда эта величина неизвестна, она может быть взята из справочной литературы.

Так как организм человека представляет единую систему, в которой всякий местный дискомфорт сказывается на тепловом состоянии остальных его участков, при проектировании одежды для заданных условий тепловой расчёт одежды целесообразно вести одновременно по всем её предметам, устанавливая рациональное тепловое соотношение между ними.

Для данных конкретных условий труда и климата все предметы одежды должны иметь определённое тепловое сопротивление, согласованное по участкам. Но поскольку теплотери организма человека (плотность тепловых потоков) на разных участках неодинакова, то и тепловое сопротивление предметов одежды также должно быть различным. Поэтому для создания более рациональной теплозащитной одежды и более точных методов её тепловых расчётов целесообразно вести учёт теплотери дифференцировано по участкам, граница которых совпадает с поверхностью тепловой изоляции, обеспечиваемой соответствующими предметами одежды (головной убор, платье, перчатки, обувь).

Так при расчёте теплового сопротивления зимнего пальто надо знать количество тепла, которое отдаётся во внешнюю среду с непокрытой им поверхности тела, а также площадь поверхности, которая будет теплоизолирована проектируемой одеждой.

Общую величину поверхности тела обычно определяют по широко известной в гигиенической практике формуле Дюбуа:

$$S_{\text{т\ddot{u}}\text{т}} = \frac{P^{0,425} \cdot \dot{I}^{0,725} \cdot 71,84}{1000}, \text{ м}^2, \quad (14)$$

где P – вес человека, кг;

H – рост человека, см.

Площадь поверхности отдельных участков тела человека приближенно определяется по так называемому «правилу девяток»: поверх-

ность головы и шеи $\approx 9\%$, туловище $\approx 36\%$, верхних конечностей $\approx 18\%$, нижних конечностей $\approx 36\%$.

Б.Н. Постников и Г.Л. Френкель приводят более подробные данные, согласно которым поверхность головы составляет 6,11% от общей поверхности тела, передняя поверхность туловища – 10%, задняя – 18%, поверхность плеча – 11,2%, предплечья – 5%, кисти – 4,5%, бедра с ягодицей – 20,5%, голени – 12,5%, стопы – 6,44%, шеи – 2,75%.

Исходя из этих данных и зная, какой конструкции будет одежда, можно легко определить величину поверхности тела, которую оно покроеет. Например, мужской костюм, покрывая туловище (34%), плечо и предплечье (13,4%), бедро (20,3%), голень (12,5%), защищает 81,2% всей поверхности тела.

При тепловых расчетах одежды следует учитывать, что не все участки поверхности тела одинаково активно участвует в тепловом обмене. Открытые участки отдают значительно больше тепла, чем взаимно прикрытые (подмышечные впадины, медиальные поверхности приближенных одна к другой ног и т.д.). В расчетах целесообразно принимать не общую поверхность тела, а так называемую эффективную, т.е. ту её часть, которая активно участвует в теплообмене.

Следовательно, основываясь на данных теплопродукции и теплового потока (на единицу поверхности), можно определить величину суммарного теплового сопротивления проектируемой одежды (R_c). В общем случае оно в соответствии с законом Фурье определяется по формуле:

$$R_{\text{пoи}} = \frac{t_{\text{e}} - t_{\text{ia}\delta}}{\frac{Q}{S}}, \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)}, \quad (15)$$

где Q – количество тепла, удаляемого радиацией и конвекцией с поверхности тела, покрытой одеждой, Вт/м²;

t_k – средневзвешенная температура кожи под одеждой, °C;

$t_{\text{нар}}$ – средневзвешенная температура наружной поверхности одежды, °C.

После определения $R_{\text{cум}}$ производят подбор и расчет материалов и конструкции пакета одежды, который должен обеспечить заданное тепловое сопротивление.

2. ТЕПЛОВОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА, ЕГО ПОКАЗАТЕЛИ И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

Одна из главных функций одежды – сохранение нормального теплового состояния человека. Под тепловым состоянием человека следует понимать такое состояние организма, которое характеризуется содержанием и распределением тепла в глубоких слоях тела и в поверхностных его слоях.

2.1. Общая характеристика показателей теплового состояния человека

Показателями теплового состояния человека является температура тела, температура кожи (средняя ее величина и топография), энергозатраты, интенсивность потоотделения, теплоощущения, дефицит и накопление тепла. Кроме того, показателями напряженности механизмов терморегуляции служат гемодинамические показатели – частота пульса, артериальное давление. Косвенный показатель теплового состояния – работоспособность человека.

Температура тела

Под температурой тела подразумевают температуру внутренних органов и тканей: печени, мозга, желудка, легких. Косвенным показателем температуры тела является температура полости рта, подмышечной впадины, дистального отдела прямой кишки, пищевода, слухового прохода (вблизи барабанной перепонки).

В среднем (для человека, находящегося в состоянии физического покоя) температура тела составляет $37,1^{\circ}\text{C}$ (в прямой кишке, *in rectum*) и колеблется в пределах $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ (при нормальных условиях внешней среды).

Температура тела, близкая к 37°C , является в современных климатических зонах земли оптимальной. Постоянство температуры обеспечивается лишь в глубоко лежащих тканях, на глубине свыше 2,5 см у человека, находящегося в условиях теплового комфорта. Значительное изменение температуры тела свидетельствует о том, что физические механизмы регуляции теплообразования и теплоотдачи не в состоянии сохранить тепловой баланс организма.

При температуре тела *in rectum* $37,0\text{--}36,8^{\circ}\text{C}$ человек, находящийся в состоянии физического покоя, оценивает свои теплоощущения соответственно как «прохладно», «очень прохладно». Температура тела, равная $37,6^{\circ}\text{C}$ – признак выраженного перегревания организма. Предельной физиологической величиной в этом случае является температура тела, равная $38,3^{\circ}\text{C}$.

Уровень температуры тела, °С, соответствующий комфортным теплоощущениям, при различных энергозатратах может быть определен из уравнения:

$$t_{\delta} = 36,61 + 0,007 \frac{Q_{\delta}}{S}, \quad (16)$$

где Q_{δ} – энергозатраты, Вт;
 S – поверхность тела, м².

Практически температура тела может быть измерена в прямой кишке (in rectum) на глубине 10–15 см (ректальная, t_p), под языком (оральная, t_o), под мышкой (подмышечная, t_m), в слуховом проходе (заушная, t_y).

Ректальная температура может быть рассчитана по известным величинам оральной, подмышечной и заушной температуры:

$$\dot{D}_{\delta} = 0,65t_o + 13,6$$

$$\dot{D}_{\delta} = 0,51t_i + 19,0$$

$$\dot{D}_{\delta} = 0,40t_{\delta} + 22,8$$

При нагревании организма не следует измерять температуру тела под мышкой, т.к. при обильном потоотделении температура снижается и не отражает действительную величину. Аналогично не следует измерять температуру под языком, в условиях выраженного охлаждения, из-за охлаждения полости рта при дыхании.

Температура кожи и ее топография

Большая часть тепла, образующегося в организме человека, рассеивается с поверхности тела. Именно поэтому при оценке теплового состояния организма определяют значение температуры кожи и ее топографию. Кроме того, по мнению других авторов, температура кожи наиболее тесно связана с теплоощущениями человека.

Наиболее правильное представление о тепловом состоянии человека дает средневзвешенная температура кожи, учитывающая площадь участков тела с неодинаковой температурой:

$$t_{\bar{n}\bar{a}\bar{e}} = \frac{\sum S_j \cdot t_j}{S},$$

т.е. сумма произведений площади каждого участка поверхности тела S_j на его среднюю температуру t_j , деленная на общую поверхность тела S .

Значения температуры кожи, соответствующие различным теплоощущениям человека, находящегося в состоянии физического покоя, приведены в табл. 3.

Таблица 3

**Средневзвешенная температура кожи, °С,
и теплоощущения человека в состоянии
относительного физического покоя ($Q_{эм} \approx 128$ Вт)**

По данным автора	Теплоощущения						
	очень жарко	жарко	тепло	комфорт	прохладно	холодно	очень холодно
Кричагина В.И.	Более 36,0	$6,0 \pm 0,6$	$4,9 \pm 0,7$	$33,2 \pm 1,0$	$1,1 \pm 1,0$	$9,1 \pm 1,0$	ниже 28,1
Афанасьевой Р.Ф.	–	–	–	34,3–32,1	32,0–29,5	29,4–26,4	ниже 26,4

Значение средневзвешенной температуры кожи, соответствующей тому или иному теплоощущению, зависит от уровня энергозатрат. При физической работе теплоощущение «комфорт» отмечается при более низкой средневзвешенной температуре кожи, чем в покое (табл. 4).

Таблица 4

**Средневзвешенная температура кожи, °С,
при различных теплоощущениях человека
и различной его физической активности**

Энергозатраты (Q/S) Вт/м ²	Теплоощущения			
	комфортно	прохладно	холодно	очень холодно
52	$34,5 \pm 0,5$	$33,0 \pm 0,25$	–	–
72	$33,2 \pm 1,1$	30,7 ±	$27,9 \pm 1,5$	26,3
103	$33,1 \pm 1,3$	$30,0 \pm 1,3$	$27,3 \pm 0,9$	–
230	$28,3 \pm 1,0$	$26,3 \pm 1,4$	$23,0 \pm 1,8$	21,2 и ниже

Средневзвешенная температура кожи для теплоощущений «комфорт» с учётом энергозатрат может быть определена из уравнения:

$$t_{\text{н\acute{a}е}} = 36,07 - 0,0354 \frac{Q_{\text{эм}}}{S}, \quad (17)$$

где $Q_{эм}$ – энергозатраты, Вт;
 S – поверхность тела, м².

При прочих равных условиях средневзвешенная температура кожи будет зависеть от числа точек измерения температуры. Различными авторами предложено свыше 15 систем измерения средневзвешенной температуры кожи.

Наиболее точной и практически удобной является одиннадцатиточечная система, предложенная П.В. Рамзаевым. Размещение температурных датчиков на поверхности тела показано на рис. 1.

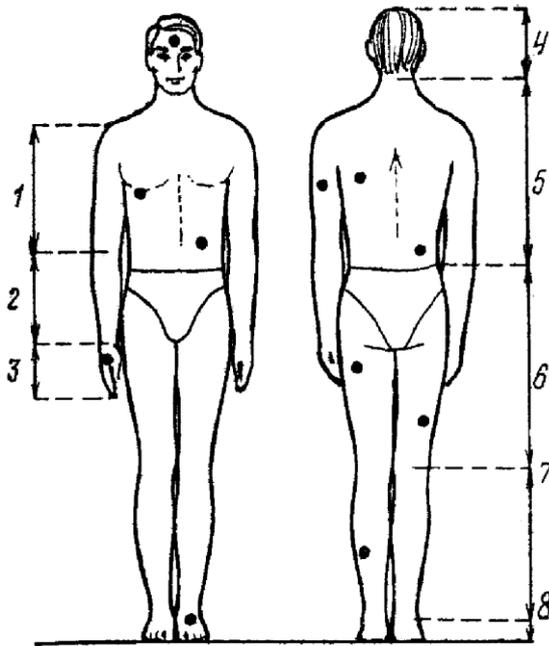


Рис. 1. Размещение температурных и тепломерных датчиков на поверхности тела человека:

- 1 – плечо; 2 – предплечье; 3 – кисти; 4 – голова;
- 5 – туловище; 6 – бедро; 7 – голень; 8 – стопа

Средневзвешенную температуру кожи рассчитывают с учётом доли поверхности каждой области тела:

$$\begin{aligned}
 t_{\text{н\acute{a}e}} = & 0,088t_{\text{e\acute{a}\acute{a}}} + 0,340t_{\text{o\acute{o}\acute{e}}} + 0,134t_{\text{i\acute{e}}} + 0,045t_{\text{e\acute{e}\text{ñ}\text{o}\acute{d}\acute{e}}} \\
 & + 0,230t_{\text{a\acute{a}\text{a}\text{d}\acute{a}}} + 0,125t_{\text{a\acute{i}\text{e}\acute{a}\text{i}\acute{e}}} + 0,0644t_{\text{n\acute{o}\text{ñ}\acute{u}}}
 \end{aligned}
 \tag{18}$$

(числа перед буквенным обозначением члена уравнения указывают на долю площади каждого участка тела).

Такой подход к расчёту позволяет судить не только о средневзвешенной температуре кожи, но и о температуре кожи на различных участках тела, что важно для оценки теплоизоляционных свойств различных предметов одежды и отдельных её участков.

Средневзвешенная температура кожи не всегда является достаточно точным показателем теплового состояния человека, т.к. в ней усредняются данные температуры кожи двух различно реагирующих областей: головы и туловища – и конечностей.

Температура кожи человека, находящегося даже в состоянии теплового комфорта, значительно отличается на разных участках поверхности тела. Эти различия обусловлены особенностями системы кровообращения. Наибольшее снижение температуры кожи наблюдается в области стоп и кистей, наименьшее – в области головы. Охлаждение кистей и стоп вызывают неприятные ощущения, несмотря на достаточное утепление остальной поверхности тела, и может быть причиной сокращения времени пребывания человека на холоде.

На топографию температуры кожи влияют – равномерность утепления организма, степень его охлаждения, вид и интенсивность физической работы, пол и т.д. Так у раздетых людей наиболее высокая температура кожи наблюдается в области головы, а у одетых – в области туловища.

У женщин и у мужчин, находящихся в условиях теплового комфорта, средневзвешенные значения температуры кожи практически одинаковы, однако наблюдаются некоторые различия в топографии температуры. У женщин более низкая температура кожи наблюдается в области плеч и стоп. При одинаковом действии холода у женщин наблюдается большее снижение температуры кожи, чем у мужчин.

Тепловой поток

Одним из показателей, позволяющих косвенно судить о тепловом состоянии человека и количественно оценить теплозащитные свойства одежды, является плотность теплового потока q . Он измеряется на тех же участках тела, что и температура кожи. Аналогичным же образом рассчитывается и средневзвешенная плотность теплового потока ($q_{ср}$).

Комфортный уровень теплового потока, Вт/м², соответствующий различной физической активности, может быть определен из следующего уравнения:

$$q_{н\grave{a}д} = \left[83,0 + 39,5 \frac{Q_{oi} - 116}{58} \right] / S. \quad (19)$$

В табл. 5 приведены данные, позволяющие по средневзвешенным величинам теплового потока судить о времени появления тех или иных теплоощущений у человека в зависимости от его физической активности.

сти. Однако следует учитывать, что при прогнозировании времени пребывания человека на холоде имеют значения не только средневзвешенные, но и локальные уровни теплопотерь, которые могут обусловить возникновение неприятных локальных теплоощущений на том или ином участке.

Таблица 5

**Средневзвешенная величина теплового потока Вт/м²
и теплоощущения человека в зависимости
от его физической активности**

Теплоощущения и время их появления	Энерготраты, Вт			
	104–128	290–325	406–464	580–696
Комфорт (длительный)	47,5	116	218	257
Прохладно по истечении часа	89	159	230 холод в обл. конечностей	258 холод в обл. конечностей
Холодно по истечении часа	139 на 5-ой мин. воздействия холода	180	369	369
	122 на 60-ой мин. воздействия холода	179	348 болевые ощущения в области кистей	348 болевые ощущения в области кистей

Плотность теплового потока, составляющая большую часть теплопотерь человека в условиях теплового комфорта и охлаждения (75%), отражает комплексное воздействие факторов, обуславливающих теплообмен организма с окружающей средой.

Потоотделение

В условиях теплового комфорта и охлаждения человек, находящийся в состоянии относительного физического покоя, теряет влагу через кожу путем диффузии водяных паров.

При перегревании и выполнении человеком мышечной работы включается один из наиболее мощных механизмов терморегуляции – потоотделение. Потоотделение наблюдается и в условиях теплового комфорта: при выполнении физической работы для обеспечения теплового комфорта необходимы умеренные теплопотери испарением пота

(табл. 6) Если же пот не выделяется, то окружающая среда воспринимается человеком как холодная.

Таблица 6

Влагодотери человека в условиях комфорта при выполнении физической работы (по данным Г.Х. Шахбазяна)

Физическая нагрузка	Энерготраты, Вт	Влагодотери, г/ч (потери массы)
Относительный покой	до 104	50–70
Лёгкая	≥208	90–140
Средняя	≥348	150–190
Тяжёлая	≥487	210–240

Величина влагодотери тесно коррелирует с теплоощущениями и служит одним из показателей теплового состояния человека (табл. 7).

Таблица 7

Влагодотери организма человека, г/ч, при относительном покое

Теплоощущения						
очень жарко	жарко	тепло	комфорт	прохладно	холодно	очень холодно
500–2000, значительная часть пота стекает	250–500, значительная часть пота стекает	60–250, пот не стекает	50±10, пот не выделяется	<40, пот не выделяется	влагодотери как показатель теплоощущений не характерны	

При оценке теплового состояния организма представляет интерес не только абсолютная величина влагодотери организма, но и доля теплоотдачи испарением в общей величине теплопотери. При теплоотдаче испарением, достигающей 40% общих теплопотери, уже отличается напряжение механизмов терморегуляции, субъективно оцениваемое как «тепло».

Теплоощущения

Под воздействием тепла и холода у человека изменяется кровоснабжение кожи и подкожной клетчатки, их температура, а также тем-

пература венозной крови, что является основой ощущения теплового дискомфорта. Важная роль в формировании теплоощущений человека принадлежит терморецепторам кожи и подкожных вен. Терморецепторы подкожных вен вызывает общее ощущение холода и тепла, терморецепторы кожи – локализованное.

Оценка теплоощущений человека проводится по семибальной системе: «очень жарко», «жарко», «тепло», «комфорт», «прохладно», «холодно», «очень холодно».

Реакция сердечно-сосудистой системы на термическое воздействие внешней среды

Перегревание или охлаждение организма вызывает сдвиги в сердечно-сосудистой деятельности. При охлаждении организма наблюдаются спазмы периферических сосудов, повышение артериального давления и уменьшение частоты сердечных сокращений.

Для суждения о состоянии сердечно-сосудистой системы важное значение имеет регистрация частоты сердечных сокращений и кровяного давления. Усиление кровотока, необходимое для увеличения теплоотдачи путем переноса от более нагретых внутренних органов к поверхности кожи, обеспечивается в условиях перегревания организма главным образом за счет учащения сердечных сокращений. Это означает, что по изменению частоты сердечных сокращений в значительной степени можно судить о тепловом состоянии человека и нагрузке на сердце.

Многие исследователи отмечают при перегревании организма значительное уменьшение диастолического давления (минимальное значение кровяного давления в аортах в начале и конце одного сердечного цикла). В некоторых случаях оно достигает нулевого уровня.

Систолическое давление (максимальное значение) может либо увеличиваться, либо уменьшаться. Отсутствие изменения артериального давления по сравнению с величинами, зарегистрированными в условиях теплового комфорта, свидетельствует о хорошей переносимости человеком тепловой нагрузки. Наличие выраженных изменений указывает на пониженную переносимость.

Наряду с изменением артериального давления происходит учащение сердечных сокращений. Эти реакции свидетельствуют о значительном напряжении сердечно-сосудистой системы. Они обычно наступают у людей, находящихся при температуре воздуха 35°C и выше. Следовательно, в этих случаях изменения артериального давления и частоты сердечных сокращений, являющиеся ответом на термическое воздействие окружающей среды, служат одним из показателей теплового состояния организма человека.

Работоспособность человека

Работоспособность человека – суммарный показатель, характеризующий степень воздействия на организм неблагоприятных факторов внешней среды, а также удобство конструкции одежды с точки зрения обеспечения свободы движений.

Несоответствие одежды условиям жизнедеятельности человека, выражающееся в перегревании, охлаждении организма, его утомлении служит причиной снижения умственной и физической работоспособности.

Зимняя одежда в зависимости от удобства ее конструкции снижает работоспособность человека на 11–18%. Специальная зимняя одежда, сконструированная с учетом характера движений рабочих, вызывает снижение работоспособности человека на 11%.

На работоспособность человека оказывает влияние и масса одежды. Увеличение массы одежды при прочих равных условий приводит к повышению энергозатрат человека. В связи с этим очень важное значение приобретает изыскание путей повышения теплоизоляционных свойств одежды при уменьшении ее массы (например, использование облегченных основных тканей, синтетических утеплителей, уменьшение материалоемкости одежды благодаря применению в одежде нагревательных элементов).

Продолжительность работы определяется уровнем теплосодержания и соответствующим ему уровнем снижения работоспособности. При теплосодержании менее 4,2 Кдж/кг продолжительность работы составляет 6 г и сокращается до 1 г при повышении теплосодержания до 6,3 Кдж/кг. При проектировании одежды следует предусматривать обеспечение оптимальных параметров теплового состояния. В противном случае необходимо регламентировать время непрерывного пребывания в неблагоприятных условиях.

2.2. Характеристика микроклимата, создаваемого одеждой

Для обеспечения нормальной деятельности механизма терморегуляции и связанных с ней ощущений теплового комфорта необходим определённый, довольно устойчивый микроклимат под одеждой. Показателями микроклимата под одеждой являются: влажность воздуха, температура воздуха, подвижность воздуха, содержание углекислоты. Микроклимат под одеждой зависит от метеорологических параметров внешней среды и свойств одежды. Показатели микроклимата под одеждой используются в целях гигиенической оценки одежды, особенно сравнительной оценки одежды различного назначения, конструкции, состава.

Влажность воздуха под одеждой

В условиях теплового комфорта относительная влажность воздуха под одеждой составляет 35–60% (между поверхностью тела человека и нижним слоем пакета материалов).

Материалы и конструкция одежды должны быть спроектированы так, чтобы обеспечивать поддержание указанной влажности под одеждой при различных: температуре, влажности воздуха окружающей среды и уровня потоотделения кожи. При гигиенической оценке различной одежды значительный интерес представляет динамика влажности воздуха под одеждой, характеризующая способность материалов и пакетов материалов выводить влагу из пододежного пространства. Из двух видов одежды тот будет в большей степени соответствовать гигиеническим требованиям, в пододежном пространстве которого скорость нарастания влажности воздуха будет меньшей.

В условиях нагревающей среды при недостаточном отведении влаги происходит перегревание организма, а скопление влаги в одежде и на коже человека (особенно при запыленности воздуха) приводит к механическому раздражению кожных покровов.

В условиях холода увеличение влажности воздуха под одеждой может свидетельствовать о несоответствии теплозащитных свойств одежды условиям её эксплуатации или и о недостаточной влажопроводности одежды. В обоих случаях происходит увлажнение одежды и последующее снижение её теплозащитных функций.

Температура воздуха под одеждой

Оптимальная температура воздуха под одеждой, обеспечивающая комфортное тепловое состояние человека, зависит от интенсивности его физической деятельности и влажности воздуха у поверхности тела.

Для человека, находящегося в состоянии физического покоя (в положении сидя), комфортной является температура 30–32°C (в области туловища), для человека, выполняющего тяжелую физическую работу, 15°C. Для сравнительной оценки физико-гигиенических свойств одежды различного назначения может быть использована величина температуры воздуха в различных слоях одежды, динамика которой связана с величиной термического сопротивления и воздухопроницаемости материалов.

Например, в условиях охлаждающего фактора большее снижение температуры воздуха непосредственно под верхней одеждой (при прочих равных условиях) свидетельствует о ее меньшем термическом сопротивлении. При воздействии ветра большее снижение температуры воздуха наблюдается под одеждой имеющую большую воздухопроницаемость, что в условиях низкой температуры воздуха является отрицательным показателем.

Содержание углекислоты под одеждой

Необходимым условием нормальной жизнедеятельности организма человека является и обеспечение нормального уровня кожного дыхания человека, в результате которого в пододежное пространство непрерывно выделяются продукты жизнедеятельности человека, в том числе углекислота. Дыхание через кожу значительно возрастает в условиях высокой температуры окружающего воздуха (38–40°C) и при интенсивной физической деятельности человека. Содержание углекислоты в пододежном пространстве является важнейшим критерием степени его загрязненности продуктами кожного дыхания и степени вентиляции пододежного пространства.

Под многослойной одеждой, обладающей в целом меньшей воздухопроницаемостью, чем ее отдельные слои, содержание углекислоты выше, чем под однослойной. По данным профессора Вадковской Ю.В., содержание углекислоты под х/б сорочкой на 0,15% больше чем в атмосферном воздухе; если поверх этой сорочки надеты пиджак и демисезонное пальто – на 0,23%, если надето зимнее пальто – на 0,37% больше, чем в атмосферном воздухе.

При содержании углекислоты в воздухе и под одеждой, превышающем 0,7–0,8%, наблюдается плохое самочувствие человека. Применительно к этим случаям особенно важно, чтобы конструкция одежды и ее материалы способствовали вентиляции пододежного пространства.

Зависимость параметров микроклимата от свойств материалов, конструкции одежды, условий эксплуатации

В связи с тем что объем производства материалов для одежды увеличивается в значительной мере в результате широкого использования химических волокон, в последнее десятилетие возникла специфическая проблема, связанная с определением влияния волокнистого состава материала на микроклимат под одеждой и самочувствие человека.

Известно, что материалы из синтетических волокон обладает многими положительными свойствами, прежде всего физической долговечностью, стабильностью размеров, удобством ухода, высоким уровнем эстетических свойств. Вместе с тем для них характерны существенные недостатки. Потребители жалуются на недостаточную или повышенную теплоизоляцию одежды из гидрофобных волокон, неприятные ощущения от электрических разрядов, раздражения и зуд кожи, неприятный запах, быстрое загрязнение.

Немаловажное значение имеет оптимизация гигиенических свойств материалов одежды, содержащих химические волокна, определение оптимальных условий эксплуатации одежды, т.е. условий, в которых использование гидрофобных материалов не вызывает чрезмерного напряжения механизма терморегуляции организма человека.

При нормальной функции кожного покрова в условиях относительно низкой влажности окружающего воздуха влияние материалов одежды на организм человека определяется не их способностью поглощать влагу, а пористостью и связанной с ней воздухопроницаемостью. Так некоторые зарубежные ученые придерживаются точки зрения равноценности одежды из химических и натуральных волокон при условии обеспечения достаточного уровня ее воздухопроницаемости.

В комфортных условиях окружающей среды и при физических нагрузках человека, не вызывающих интенсивного выделения пота, одежда из гидрофобных материалов может обеспечивать удовлетворительное тепловое состояние. При этом для обеспечения близкого к тканям из натуральных волокон сопротивления испарению пота, ткани из гидрофобных волокон должны быть более воздухопроницаемыми, чем ткани из натуральных волокон. В условиях сухого жаркого климата эксплуатация одежды из синтетических материалов, а также материалов из синтетических волокон в смеси с натуральными или искусственными, вследствие их высокой теплопроводности и низкой гигроскопичности, приводит к значительному изменению теплового баланса организма человека.

Для материалов летней одежды предельная воздухопроницаемость, увеличение которой не влияет на тепловое состояние человека в условиях относительно спокойного воздуха, составляет $190 \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$. С повышением скорости ветра возрастает роль воздухопроницаемости материалов и снижается влияние волокнистого состава на микроклимат под одеждой.

Поскольку одежда, как правило, представляет собой пакеты материалов, содержащих гидрофобные и гидрофильные волокна, может быть достигнуто такое соотношение и расположение материалов, при котором гидрофобные волокна не будут отрицательно влиять на микроклимат под одеждой и самочувствие человека.

В результате физиолого-гигиенической оценки одежды из полиэфирных текстурированных материалов в комплекте с х/б бельем пришли к выводу, что ткани с воздухопроницаемостью, превышающей $30 \text{ дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, при температуре воздуха $28\text{--}32^\circ\text{C}$ и скорости ветра $1,8 \text{ м/с}$ оказывают такое же влияние на самочувствие человека, как и х/б ткани.

Сравнительная физиолого-гигиеническая оценка одежды из х/б, хлопкалавсановых костюмно-платьевых тканей с различными показате-

лями воздухопроницаемости показала, что ткани костюмно-плательевого назначения, содержащие 67% полиэфирного и 33% х/б волокна, пригодны для изготовления бытовой одежды, эксплуатируемой при температуре и относительной влажности воздуха, не превышающих соответственно 25°C и 30–40%.

Эксплуатация одежды из тканей, содержащих 67% полиэфирного 33% хлопкового волокна, приводит к повышению температуры кожи, температуры и влажности воздуха под одеждой к более высоким влагопотерям, к дальнейшему накоплению тепла по сравнению с одеждой из х/б тканей. Для обеспечения комфортного теплового состояния человека показатели воздухопроницаемости костюмно-плательевых тканей из хлопкового волокна должны быть не ниже 47 $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, а хлопколавсановых (33% х/б) – не ниже 94 $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

В условиях, близких к комфортным, при относительно неподвижном воздухе ткани с показателями воздухопроницаемости, превышающими указанные значения, не оказывали существенного влияния на микроклимат под одеждой и тепловое состояние человека.

Изменением компонентного состава тканей в сочетании с оптимизацией их строения можно управлять практически всеми физическими свойствами, влияющими на микроклимат под одеждой и самочувствие человека.

Создание нормального микроклимата непосредственно вокруг тела человека, обеспечение его нормального теплового состояния во многом определяется конструкцией одежды.

В связи с тем, что теплоизоляционные свойства одежды во многом определяются подвижностью заключённого в ней воздуха, тепловое состояние человека при прочих равных условиях будет зависеть от вида одежды, обуславливающий различное испарение наружного воздуха в пододёжном пространстве.

Так температура воздуха под одеждой различного вида составляет:

°С, температура воздуха под одеждой

Комбинезон 18,7

Куртка и брюки 18,9

Пальто 18,6

Наибольшими теплоизоляционными свойствами обладают куртка и брюки, комбинезон, это вызвано большим утеплением нижних конечностей.

Теплоизоляционные свойства одежды во многом определяются толщиной её пакета, которая включает толщину материалов и воздушных прослоек. Исходя из этого, следовало ожидать, что путём увеличения толщины воздушных прослоек, в одежде можно повысить её термическое сопротивление. Эффективность воздушных прослоек в этом

смысле зависит от вида одежды. Термическое сопротивление расклешённого пальто ниже, чем плотно прилегающего. Это можно обеспечить большей конвекцией воздуха под расклешённым пальто. В «замкнутой» одежде подвижность воздуха в пододёжном пространстве меньше, в результате чего и воздушная прослойка, обусловленная степенью прилегания одежды к поверхности тела человека, играет положительную роль.

При сравнении двух комбинезонов отличающихся друг от друга лишь степенью прилегания к телу, тот обладает лучшими показателями теплоизоляции, у которого припуски на свободу облегания больше.

При надевании под верхнюю одежду большого количества предметов, которые с одной стороны мобилизуют воздух, а с другой – уменьшают толщину воздушной прослойки, происходит снижение теплоизоляции.

Таким образом, преимуществами обладает одежда «закрытого» типа (комбинезон, или куртка и брюки, или полукомбинезон) свободно облегающая тело человека. В этом случае при проектировании верхней одежды необходимо учитывать толщину предметов одежды, надеваемых под нее, чтобы сохранить определенную свободу облегания тела изделием. При проектировании одежды «открытого» типа (пальто, куртки) необходимо обеспечить плотное прилегание ее к поверхности тела.

3. ОБЩИЕ ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОДЕЖДЕ

Задача одежды – обеспечить нормальную жизнедеятельность человека, сохранить его здоровье и работоспособность в различных климатических и производственных условиях.

Одежда позволяет защищать человека от неблагоприятных факторов внешней среды, низких и высоких температур, излишней солнечной радиации, ветра, атмосферных осадков (тумана, дождя, снега), механических повреждений, вредных производственных факторов, а также создавать условия для нормальной жизнедеятельности человека – нормальное тепловое состояние организма, обеспечение нормального кожного дыхания и движений человека.

Любая одежда должна удовлетворить перечисленным требованиям, но степень важности этих требований для одежды различных видов неодинакова. Например, зимняя одежда должна преимущественно защищать и выводить во внешнюю среду продукты кожного обмена.

К специальной одежде предъявляется ряд дополнительных требований, обуславливающих защиту человека от воздействия вредных производственных факторов.

Одежда разделяется на два больших класса: бытовую и специальную. В каждом классе имеется несколько подклассов одежды, а подклассы разделены на виды.



Схема 1. Классификация одежды

Кроме того, одежда различается по времени и месту использования, по сезону, по материалу, волокну. Современная одежда многослойна, функции и назначение каждого слоя различны, поэтому и требования гигиенические к ним неодинаковы.

3.1. Белье

Белье соприкасается с поверхностью тела и поэтому имеет большое значение для обеспечения нормальной деятельности кожных покровов. Оно очищает кожу от пота, кожного сала, слущивающегося эпителия (верхнего слоя кожи). За день с поверхности кожи выделяется до 40 г³ кожного сала и от 0,5 до 1 л пота. В жаркое время года выделение пота увеличивается до 5–6 л в сутки.

В процессе носки бельё, впитывая все эти выделения, загрязняется и его гигиенические свойства ухудшаются. Например, после носки белья в течение недели его воздухопроницаемость снижается на 20%, масса увеличивается на 5–10%, толщина – на 20–30%.

Для того чтобы бельё обеспечивало очистительную функцию, бельевые материалы должны быть гигроскопичными и влагоёмкими. Они не должны препятствовать выделению и испарению пота, прилипать к коже во влажном состоянии. Влага, впитываемая бельем, должна легко удаляться во внешнюю среду. Нормативные показатели основных гигиенических требований к белью представлены в табл. 8.

Таблица 8

Технические требования к белью

Показатель	Допустимые параметры белья при использовании	
	в зимней одежде	в летней одежде
Толщина, мм	1,3–1,5	0,1–0,3
Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² ·с	51–100	не менее 100
Влагопроводность, г/м ² ·час	52–56	не менее 56
Гигроскопичность (при относительной влажности 65%), %	не менее 7	не менее 7

Нормативные показатели основных гигиенических требований к белью, приведенные в табл. 8, сформулированы гигиенистами применительно к хлопчатобумажным бельевым материалам. Эти показатели являются исходными при проектировании бельевых материалов из любо-

го вида волокна (искусственных, синтетических и из смешанных волокон), так как позволяют создавать благоприятные для организма условия выведения влаги из пододежного пространства и обеспечивают человеку хорошее самочувствие.

Гигроскопичность ацетатного волокна – 2,52%; вискозы – 5,83%; синтетики – 1,34–1,65%; хлоринового волокна – 0,39% (хлориновые волокна имеют хорошие теплозащитные свойства, термическое сопротивление – 0,13 м²·°C/вт для холодного времени).

Вследствие низкого влагосодержания при трении о кожу волокна хлорина сильно электризуются и в системе человек – одежда накапливается большой электростатический заряд, оказывающий лечебный эффект.

3.2. Платья, блузки и верхние сорочки

Эти изделия обеспечивают дополнительную теплоизоляцию, впитывают выделения кожи в местах соприкосновения, а также влагу, прошедшую через бельё.

В зависимости от условий их использования гигиенические требования к ним неодинаковы (зима, лето). В табл. 9 приведены нормативы основных гигиенических требований к платьям, блузкам и верхним сорочкам при использовании их в зимней и летней одежде

Таблица 9

Гигиенические требования к платьям, блузкам и верхним сорочкам

Показатель	Допустимые параметры	
	в зимней одежде	в летней одежде
Толщина, мм	–	0,1–0,3
Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² ·с	не менее 100	не менее 330–370
Влагопроводность, г/м ²	2,9–3,1	3,9
Гигроскопичность (при относительной влажности 65%), %	7	7

Для изготовления платьев, блузок и верхних сорочек используют разнообразные материалы. Эти материалы вырабатываются различными переплетениями из разнообразных по составу и смеси волокон, разной плотности и отделки. Для летних платьев и блузок используют хлопчатобумажные, льняные и шелковые ткани.

Для демисезонных и зимних платьев используют ткани, обладающие хорошими теплозащитными свойствами: шерстяные и полушерстяные. В табл. 10 приведены основные гигиенические показатели платьевых тканей: чистошерстяных и с различным добавлением лавсановых и нитроновых волокон.

Таблица 10

**Гигиенические параметры платьевых тканей
шерстяного ассортимента**

Показатель	Чисто-шерстяные ткани	Содержание волокон в смешанно-шерстяных тканях, %							
		лавсановых				нитроновых			
		17	33	50	67	17	33	50	67
Гигроскопичность, %	13,0	11,4	8,9	6,9	4,7	11,4	9,0	7,0	5,1
Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$ (при $P=50$ Па)	156,8	162,8	133,8	157,4	161,4	158,0	166,4	142,9	134,5
Термическое сопротивление, $\text{м}^2\cdot\text{с}/\text{вт}$	0,030	0,022	0,015	0,021	0,016	0,022	0,018	0,019	0,017

Добавление в смесь более 50% синтетических волокон снижает гигроскопичность тканей до 5%. Добавление к шерстяным волокнам небольшого количества синтетических волокон на гигроскопичности ткани сказывается незначительно, так как низкая гигроскопичность лавсановых и нитроновых волокон компенсируется высокой гигроскопичностью шерсти.

3.3. Костюмы и пальто

Костюмы и пальто вместе с бельём и платьем обеспечивают человеку необходимую теплоизоляцию.

Большинство изделий верхней одежды состоит из нескольких слоёв материалов, имеющих разные свойства, внешний вид и назначение. Каждый слой верхней одежды выполняет определённые функции и поэтому гигиенические требования к ним разные.

Костюмы регулируют теплоотдачу организма человека, способствуют выделению влаги из-под одежного пространства. Для быстрого

выведения влаги во внешнюю среду или передачи ее следующему слою одежды костюмные ткани должны обладать хорошими сорбционными свойствами, воздухопроницаемостью и быстро высыхать. Ориентировочные показатели гигиенических требований к костюмным тканям приведены в табл. 11.

Таблица 11

Гигиенические требования к костюмам

Показатель	Допустимые параметры		
	Ткани верха		Ткань подкладки
	в зимней одежде	в летней одежде	
Толщина, мм	Не менее 1,5	Не более 1,5	–
Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$	≥ 100	Не менее 150	не менее 100
Влагопроводность, $\text{г}/\text{м}^2\cdot\text{час}$	не менее 40	не менее 40	не менее 50
Гигроскопичность, %	7–13	не менее 7	7
Коэффициент теплопроводности, $\text{Вт}/\text{м}^2\cdot\text{°C}$	не более 0,042	не менее 0,042	–

Пальто предназначены для защиты человека от охлаждения. Поэтому при проектировании теплозащитной одежды для различных климатических условий большое значение имеет правильный выбор материалов (толщины, воздухопроницаемости, теплопроводности, гигроскопичности), порядок расположения слоёв материалов в одежде и конструкция одежды.

Пакет материалов зимней одежды обычно состоит из ткани верха, утепляющей прокладки и подкладки. Поскольку теплозащитные свойства одежды в большой мере зависят от её толщины и воздухопроницаемости, пакет зимней одежды может содержать также ветрозащитную прокладку, расположенную между тканью верха и утепляющей прокладкой.

Назначение ветрозащитной прокладки – обеспечение необходимой воздухопроницаемости пакета материалов одежды. Ветрозащитная прокладка должна иметь влагонепроницаемость не менее $40 \text{ г}/\text{м}^2\cdot\text{ч}$, минимальную массу и жёсткость, прочность достаточную для того чтобы, противостоять в процессе эксплуатации одежды, низкую стоимость.

Следует отметить, что 37% выпуска пальтовых тканей имеют высокую воздухопроницаемость: $100\text{--}500 \text{ дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$. Вследствие этого оде-

жда, изготовленная из этих тканей, без ветрозащитной прокладки в ряде случаев может оказаться недостаточно тёплой.

Таблица 12

Гигиенические требования к пальто

Показатель	Допустимые параметры	
	Ткани верха	Ткани подкладки
Толщина, мм	Определяется расчётным путём	Определяется расчётным путём
Воздухопроницаемость, г/м ² ·с	Определяется в зависимости от скорости ветра	Не менее 100
Влагопроводность, г/м ² ·с	Не менее 40	Не менее 50
Гигроскопичность, %	Не более 13	7 и более

Основные требования к утепляющим прокладкам – определенная толщина слоя (в соответствии с условиями эксплуатации), малая объёмная масса, стабильность толщины в процессе эксплуатации, устойчивость к механическим воздействиям. Утепляющие прокладки должны быть влагопроводными не менее 40 г/м²·ч.

Наиболее важные гигиенические требования, предъявляемые к пальто и костюмам.

1. Теплозащитные свойства и воздухопроницаемость одежды должны соответствовать деятельности человека и условиям внешней среды, в которых она используется. Поэтому эти свойства в одежде должны быть регулируемыми.

2. Одежда должна быть мягкой и лёгкой. Теплоизоляционные свойства одежды должны определяться её толщиной и в меньшей степени природой волокна материала, из которого она изготавливается.

3. Внутренние слои одежды должны быть гигроскопичными и легко высыхаемыми. Одежда не должна препятствовать выведению влаги, выделяемой кожей человека.

4. Одежда не должна вызывать перегревание человека. Допустимо небольшое охлаждение человека, которое стимулирует физическую активность, снижает усталость и способствует закаливанию организма.

5. Все части тела человека должны быть утеплены.

6. Конструкция одежды должна позволять человеку выполнять различные движения, легко надеваться и сниматься, не стеснять движения и кровообращения.

4. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ХОЛОДА

В настоящее время большинство исследователей считает, что теплоизоляционные свойства материалов обусловлены главным образом присутствием заключенного в них инертного воздуха и мало зависят от вида волокон.

Согласно имеющимся данным, теплоизоляционные свойства инертного воздуха составляют $0,294 \text{ м}^2 \cdot \text{С}/(\text{Вт} \cdot \text{см})$.

Роль заполняющего материала заключается в том, что он предотвращает движение имеющегося в нем воздуха, препятствуя образованию конвективных потоков. Независимо от того, какие материалы используются для заполнения – вата и даже очень тонкая стальная проволока – теплоизоляция их при малой плотности одинакова и прямо пропорциональна толщине.

Проведенные рядом авторов исследования показывают, что тепловое сопротивление различных материалов меняется в очень малых пределах (максимум на 16% – разница между шерстью и хлопком).

Преимущество теплозащитных свойств шерсти перед хлопком состоит в том, что шерсть при всех условиях лучше поддерживает постоянство толщины воздушного слоя.

Комплексная оценка тепловых характеристик текстильных материалов, проведенная Гузиной, показывает, что предпочтение при выборе теплоизоляционных материалов следует все же отдавать шерсти, а также триацетатному, вискозному и капроновому волокнам. Наихудшими волокнами в этом случае являются хлопок и лен.

Между теплоизоляционными свойствами материалов и их толщиной существует прямолинейная связь, которая несколько нарушается, когда речь идет о пакетах материалов большой толщины (от 7 до 16 мм). Эти данные, характеризующие зависимость теплоизоляционных свойств материалов (их пакета) от их толщины, позволяют практически подойти к созданию одежды с необходимой теплоизоляцией.

4.1. Вид одежды

В связи с тем, что теплоизоляционные свойства одежды во многом определяются подвижностью заключенного в ней воздуха, следует предположить, что тепловое состояние человека при прочих равных условиях будет зависеть от вида одежды, обуславливающего различное поступление наружного воздуха в пододежное пространство – одежда закрытого и открытого типа. То есть тепловое сопротивление комбина, больше чем пальто.

4.2. Степень прилегания одежды

Путем увеличения толщины воздушных прослоек в одежде можно повысить ее тепловое сопротивление. Однако результаты ряда исследований показывают, что это эффективно лишь в определенных пределах толщины воздушных прослоек.

При ветре роль воздушных прослоек в пакете материалов уменьшается.

Следует также ожидать, что эффективность воздушных прослоек в повышении теплового сопротивления одежды будет зависеть и от конструкции.

Так, исследования, проведенные Л.Б. Казанцевой, показали, что тепловое сопротивление расклеванного пальто меньше, чем плотно прилегающего. Это можно объяснить большей конвекцией воздуха под расклеванным пальто. Однако следовало предположить, что в замкнутой одежде подвижность воздуха в пододежном пространстве будет меньше, в результате чего и воздушная прослойка, обусловленная степенью прилегания одежды к поверхности тела человека, будет играть положительную роль. То есть одежда, более плотно прилегающая к поверхности тела человека, при одной и той же толщине пакета ее материалов, имеет худшие показатели теплоизоляции. Причиной этого следует считать меньшую фактическую толщину одежды в результате вытеснения воздушных прослоек из пододежного пространства.

Подобное явление наблюдается и при надевании под верхнюю одежду большого количества предметов, которые с одной стороны, мобилизуют воздух, а с другой – уменьшают толщину воздушной прослойки.

В условиях ветра тепловое сопротивление комбинезона, свободно облегающего фигуру, выше, чем плотно прилегающего.

Охлаждение участков тела, непосредственно подвергающихся воздействию ветра, зависит от степени прилегания одежды к поверхности тела. Участки тела, к которым одежда прилегает неплотно, охлаждаются больше.

Таким образом, при проектировании верхней одежды необходимо учитывать толщину предметов одежды, надеваемых под нее, чтобы сохранить определенную свободу облегания изделия. При проектировании одежды открытого типа (пальто, куртки) необходимо обеспечить плотное прилегание ее к поверхности тела.

4.3. Количество слоев одежды

В большинстве случаев человек имеет дело с переменными физическими нагрузками от 104–580 Вт. В связи с этим важен вопрос о мно-

гослойной одежде, позволяющей человеку по потребности регулировать отдачу тепла в окружающую среду. Вместе с тем возникает вопрос и об эффективности теплоизоляционных свойств многослойной одежды.

Данный вопрос изучался на примере одновременного надевания на человека различного количества комплектов хлопчатобумажного трикотажного белья (от 1 до 8), при этом каждый третий комплект белья был на размер больше. Полученные данные свидетельствуют о том, что зависимость теплового сопротивления одежды от ее толщины, создаваемой за счет нескольких однородных слоев белья, имеет нелинейный характер. Наибольшие изменения происходят при надевании первого слоя белья.

Причиной нелинейной зависимости может служить тот факт, что с надеванием каждого последующего слоя белья уменьшается толщина воздушных прослоек и, следовательно, и в меньшей степени увеличивается фактическая толщина одежды, которая и определяет, в конечном счете, ее теплоизоляционные свойства.

Наиболее рациональной следует считать ту одежду, в которой при прочих равных условиях доля воздушных прослоек в тепловом сопротивлении больше, чем материалов. Материалоемкость такой одежды и ее масса меньше, поэтому она более удобна в эксплуатации. Данное условие необходимо учитывать при подборе рационального количества предметов одежды, надеваемых друг на друга, т.к. вытеснение при этом воздушных прослоек может свести на нет теплозащитный эффект от применения дополнительных слоев одежды.

4.4. Свойства материалов

В условиях ветра теплоизоляционные свойства пакета материалов зависят от воздухопроницаемости его покрытия и в меньшей степени от его толщины.

Покровные ткани для зимней одежды должны иметь пониженную воздухопроницаемость. В противном случае она не может быть теплой независимо от толщины и веса. Именно большей воздухопроницаемостью в большинстве случаев объясняются низкие теплозащитные свойства зимней одежды.

Зимнее пальто, изготавливаемое нашей швейной промышленностью, имеет воздухопроницаемость 40–80 $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{сек}$ и более, тогда как у меховых одежды она обычно бывает ниже 1 $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{сек}$. Для улучшения теплоизоляционных свойств зимней одежды необходимо изыскивать средства снижения ее воздухопроницаемости.

Одним из таких средств является применение химической обработки ткани нанесением на ее изнанку пленки из полимера.

Если $W - 7-10 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{сек}$ – ветрозащитная прокладка не нужна.

4.5. Толщина пакетов материалов

Связь теплового сопротивления одежды (закрытого типа) и толщины пакета его материалов моделируется степенной функцией:

$$R_{\text{нóи}} = \hat{e}\delta^n, \quad (20)$$

где δ – толщина пакетов материалов;

K и n – коэффициенты различия для различных участков тела.

Можно предположить, что одной из причин неодинаковой эффективности утепления различных частей тела человека, является различная степень прилегания одежды (при одинаковой толщине пакета материала разный радиус кривизны) к поверхности тела, что обуславливает различную толщину воздушных прослоек и, следовательно, неодинаковую фактическую толщину одежды на том или ином ее участке. Увеличение теплового сопротивления одежды наблюдается при увеличении толщины пакета материалов до 11 мм. Увеличение толщины свыше 23 мм приводит лишь к небольшому повышению их теплового сопротивления.

Для одежды открытого типа тесная корреляционная связь теплового сопротивления одежды и толщины пакета в области туловища и ног. В области бедра эта связь практически отсутствует.

Это объясняется тем, что в пальто наблюдается усиление конвекции в области бедра. Факт малой эффективности утепления бедра необходимо учитывать как при конструировании подобного вида изделий, так и при подборе предметов одежды для защиты от охлаждения данной части тела.

4.6. Распределение теплоизоляционного материала

Температурное и тепловое поле человека неравномерно. Исходя из этого, можно предположить, что и тепловая защита различных частей тела человека должно быть неодинакова. Целесообразней в большей степени увеличивать толщину пакета материалов на тех участках одежды, на которых можно достичь большего увеличения теплового сопротивления (например, в области туловища, плеча, бедра).

Показателем эффективности утепления ($K_{\text{эф}}$) служит отношение:

$$\hat{E}_{\text{ýó}} = R_{\text{нóи}} \div R_{\text{нóи}} \text{ пòäääçä}. \quad (21)$$

Зная средневзвешенную толщину пакета материалов одежды, обеспечивающую необходимый теплоизоляционный эффект, можно рассчитать рациональную толщину пакета материала на каждом ее участке.

Таким образом, путем соответствующего распределения утеплителя в одежде можно повысить ее тепловое сопротивление, не увеличивая при этом общего расхода теплоизоляционного материала.

Таблица 13

**Коэффициент эффективности утепления ($K_{эф}$)
различных частей тела человека при разной толщине
пакета материалов одежды (закрытого типа)**

Часть тела	При толщине пакета материалов, мм		
	6–12	13–24	25–36
Голова	0.50	0.49	0.39
Туловище	1.26	1.31	1.45
Плечо и предплечье	1.13	1.24	1.23
Кисть	0.74	0.66	0.55
Бедро	1.13	1.08	1.07
Голень	0.9	0.81	0.86
Стопа	0.83	0.77	0.59

4.7. Основные этапы проектирования одежды для защиты от холода

Научный метод создания одежды для защиты от холода базируются на данных физиологии теплообмена человека, теплофизических свойств материалов, пакетов из них и одежды в целом.

Разработка гигиенических основ проектирования одежды включает следующие этапы:

1. Установление взаимосвязи теплоощущений человека и объективных показателей его теплового состояния.
2. Исследование зависимости теплозащитных свойств одежды от ее конструкции, вида, теплофизических параметров ее материалов (толщины, воздухопроницаемости), скорости движения воздуха.
3. Изготовление одежды в соответствии с конкретными условиями и эксплуатации.
4. Физиолого-гигиеническая оценка теплозащитных свойств одежды в лабораторных условиях.
5. Физиолого-гигиеническая оценка одежды в натуральных условиях (производственная проверка).

Первые этапы выполняются с целью определения количественных показателей теплового состояния человека, которые необходимы для расчета теплового сопротивления одежды, контроля за соответствием ее теплозащитных свойств, предъявляемым требованиям, разработки требований к утеплению различных частей тела человека.

Последние этапы выполняются с целью получения данных для практического изготовления одежды в соответствии с условиями ее эксплуатации.

Суммируя изложение многими исследователями общие требования к одежде для защиты от холода, можно свести их к следующему:

1. Функция одежды для защиты от холода состоит в том, чтобы оградить человека от чрезмерной отдачи тепла.

2. Теплоизоляционные свойства одежды должны соответствовать физической активности человека и климатическим условиям, в которых предполагается ее эксплуатация.

3. Тепловое сопротивление одежды должно быть регулируемым.

4. Внутренний слой одежды должен хорошо впитывать пот и легко отдавать влагу. Одежда не должна препятствовать выделению влаги из-под одежного пространства.

5. Одежда не должна вызывать перегревания человека. Допустимо некоторое его охлаждение, которое стимулирует физическую активность, снижает усталость, способствует акклиматизации к холоду.

6. Степень утепления различных частей тела человека должна быть разной: максимум в области туловища и минимум в области пальцев кистей.

7. В основу создания одежды для защиты от холода должен быть положен научный принцип, учитывающий физиологию теплообмена человека и климатические условия.

4.8. Значение метеорологических факторов в теплообмене организма человека

Из всех метеорологических факторов, влияющих на тепловой баланс человека, наиболее важны температура воздуха, скорость ветра, относительная влажность воздуха и солнечная радиация, причём основным метеофактором, определяющим степень охлаждения человека, является температура воздуха; остальные же показатели только усиливают или ослабевают её действие. Переохлаждение организма может привести к значительному напряжению его терморегуляционной системы, спазму периферических кровеносных сосудов, снижению температуры кожи, повышению теплопродукции и изменению ряда общих физиологических реакций (частоты пульса, артериального давления и др.). Поэтому теплозащитная одежда должна создаваться с учётом характерной для данного местопребывания человека температуры.

Большое влияние на тепловое состояние организма оказывает скорость движения воздуха (ветра).

Ветер разрушает не только слой воздуха, прилегающей к поверхности тела (одежды), но и пододёжный индивидуальный микроклимат. При температуре воздуха – 20°C и ветре 5 м/сек, теплотери организма человека возрастают на 20%, а при повышении скорости ветра до 10 м/сек – на 50%. Столь сильное охлаждение действия ветра обусловлено, с одной стороны, тем напором, который он производит, а с другой – разрежением с подветренной стороны.

Оценить степень снижения теплового сопротивления одежды в зависимости от скорости ветра и воздухопроницаемости пакета материалов можно по уравнению:

Для комбинезона, куртки и брюк

$$C = (0,07\hat{A} + 2) \cdot V + 5, \quad (22)$$

где C – снижение средневзвешенного термического сопротивления одежды, %;

B – воздухопроницаемость пакета материалов одежды, $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{сек})$;

V – скорость ветра, м/с.

Для пальто:

$$R_{\text{пальто}} = R_{\text{пальто. неподв}} \cdot 0,82 - (0,00018\hat{A} + 0,0093) \cdot V, \quad (23)$$

где $R_{\text{сум. в}}$ – суммарное тепловое сопротивление одежды в условиях ветра, $\text{м}^2 \cdot \text{С}/\text{Вт}$;

$R_{\text{сум. неподв}}$ – суммарное тепловое сопротивление одежды в относительно неподвижном воздухе, определённое на человеке, находящемся в состоянии физического покоя, $\text{м}^2 \cdot \text{С}/\text{Вт}$;

B – воздухопроницаемость пакета материалов пальто, $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$;

V – скорость ветра, м/с.

Среди основных метеорологических факторов, влияющих на тепловой баланс тела человека серьёзную роль играет влажность воздуха.

Вода, как известно, обладает большой теплоёмкостью. Она отнимает в 11 раз больше тепла, чем воздух такой же температуры, а увлажнённая кожа тела человека отдаёт в 4 раза больше тепла, чем сухая. Теплопроводность воды в 28 раз больше теплопроводности воздуха.

Влажный воздух, проникая через одежду, насыщает влагой не только её, но и пододёжное пространство, делая их более теплопроводными. Холодный же влажный воздух соприкасаясь с нагретыми поверхностями тела (лицо, руки), значительно интенсивнее отнимает от них тепло.

К сожалению, в современной литературе нет количественной характеристики влияния влажности воздуха на теплотери организма человека.

При анализе влияния метеорологических факторов на тепловой обмен организма человека необходимо принимать во внимание также влияние солнечной радиации.

Отрицательная радиация вызывает значительное охлаждение не только на участки воздействия, но и на других участках тела, вызывая общее снижение температуры тела.

Радиационный баланс тела человека представляет собой сумму коротковолновых и длинноволновых потоков тепла, которые складываются на уровне поверхности одежды или тела человека.

Радиационное охлаждение является слабым раздражителем, но вызывает в организме более глубокие сдвиги, чем конвекционное охлаждение, и может быть причиной прямого охлаждения глубоко лежащих тканей организма.

Рассмотрение влияния различных метеорологических факторов на теплообмен организма человека свидетельствует о резком различии в механизме отдачи тепла организмом человеку, поэтому конструкции одежды для защиты от холода при резком сочетании метеорологических факторов также должны быть различными.

Так, теплозащитная одежда, предназначенная для эксплуатации в условиях повышенного ветра, должна иметь малую воздухопроницаемость – быть ветрозащитной. Одежда, предназначенная для эксплуатации в условиях отрицательной радиации, должна иметь средства защиты от излишних теплотерь организма излучением. В условиях повышенной влажности одежда должна сохранять свои теплоизоляционные свойства.

Следовательно, одежду, предназначенную для защиты человека от неблагоприятных воздействий внешней среды, по конструкции и теплозащитным свойствам необходимо проектировать с учетом климатических особенностей отдельных районов страны.

5. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ТЕПЛООВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Воздействие тепла человек может испытывать как в быту, так и на производстве.

В быту человек подвергается действию нагревающей среды преимущественно в летний период года, на производстве – иногда в течение года, например в металлургической и стекольной промышленности.

Защита человека от перегревания – наиболее сложная задача, т.к. одновременно необходимо защитить человека от притока тепла извне (например, за счёт солнечной радиации, потока лучистого тепла на целом ряде производств и т.д.) и обеспечить отдачу тепла, образующегося в организме.

В летний период тепловому воздействию человек подвергается на большей территории нашей страны.

Тепловой комфорт у человека, одетого в комплект комнатной одежды ($R_{\text{сум}} = 0,155 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/вт}$), наблюдается при температуре воздуха около 22°C . При температуре воздуха 25°C требуется легкая одежда ($R_{\text{сум}} \approx 0,08 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/вт}$), а при температуре воздуха выше 25°C у человека, одетого в любую одежду, возникает напряжение процессов терморегуляции.

Температура воздуха выше 25°C наблюдается в умеренном климате в течении одного месяца, на Черноморском побережье – 3-х месяцев, в Закавказье – четырёх с половиной, на Юге Средней Азии – семи месяцев. В течении 5-ти с половиной месяцев температура воздуха в этом климатическом районе поднимается выше 30°C . Солнечная радиация за год на 1 см^2 горизонтальной поверхности составляет для Москвы $22,2 \cdot 10^4$, Тбилиси – $31,7 \cdot 10^4$, Ташкента – $42,3 \cdot 10^4$ кдж. Ветер большой скорости при высокой температуре воздуха усиливает нагревающее действие среды. Запылённость воздуха, усиливающаяся при ветре, способствует загрязнению поверхности тела, что понижает потоотделение вследствие закупоривания выводных протоков потовых желёз. Одновременно нарушается работа сальных желёз, кожа становится сухой, менее теплопроводной, что обуславливает дополнительную нагрузку аппарат терморегуляции. Однако небольшая подвижность воздуха имеет большое значение для удаления тепла путём испарения пота. При неподвижном воздухе его слой непосредственно прилегающий к поверхности тела, быстро насыщается влагой и препятствует дальнейшему интенсивному испарению пота.

С помощью одежды может быть смягчено влияние тех метеорологических факторов, которые ведут к чрезмерному перегреванию организма человека.

5.1. Влияние нагревающей среды на организм человека

Повышение температуры воздуха сопровождается расширением периферических сосудов и перераспределением крови. Большая масса крови переходит на периферию, теплопроводность кожи увеличивается, т.к. кровь является лучшим проводником тепла, чем кожа. В результате усиления периферического кровоснабжения теплоотдача по данным В.А. Левицкого может увеличиваться на 90%. Однако такое перераспределение крови усиливает нагрузку на деятельность сердечно-сосудистой системы, реакция со стороны которой выражается, в частности, в изменении артериального давления и частоты сердечных сокращений. При повышении температуры кожи до 35°C начинается работа потовых желёз, одновременно увеличивается и секреция сальных желёз. У лиц адаптированных к высокой температуре, потоотделение, а также секреция сальных желёз усилены. Охлаждая путём испарения, выделяющийся пот также служит защитой организма от солнечной радиации. Пот частично отражает и задерживает инфракрасные и даже ультрафиолетовые лучи.

Вместе с потом выделяется большое количество хлоридов, что может привести к появлению функционального расстройства нервной системы (судороги, рвота и т.д.). начиная с температуры воздуха 38°C (при влажности 29–38%) возникает опасность появления тепловых ударов.

К тепловой нагрузке женщины менее устойчивы, чем мужчины. Например, при температуре воздуха 50°C и влажности 29% выраженные функциональные изменения у обнаженных мужчин (в покое) наступает через 2–2,5 ч., у женщин через – 1,7–2,2 ч. При одной и той же тепловой нагрузке изменения со стороны сердечно-сосудистой системы у женщин выражены в большей степени, чем у мужчин. Одна из причин худшей переносимости женщинами тепловой нагрузки – меньшее потоотделение, обуславливающее меньшую теплоотдачу.

При интенсивном солнечном свете и длительной его экспозиции возникают фотодерматиты. Степень разрушения кожи в значительной мере зависит от ультрафиолетовой радиации. При акклиматизации в коже образуется пигмент, сообщающий ей способность переносить более длительное и интенсивное воздействие солнечной радиации. Увеличивается также толщина эпидермиса, теплопроводность кожи понижается, т.е. несколько уменьшается внешняя тепловая нагрузка.

При длительном воздействии теплового фактора на организм человека могут наблюдаться нарушения водного, солевого, витаминного обмена, могут уменьшаться функции нейроэндокринной системы, снижается работоспособность.

Постоянные в течение длительного времени напряжение механизма терморегуляции приводит в конечном итоге к истощению защитных сил организма.

Данные о терморегуляции организма человека при повышенной температуре окружающей среды позволяют судить о роли одежды в том или ином случае. Так, при температуре воздуха, не превышающей температуру кожи ($t_{\text{с}}=30-32^{\circ}\text{C}$), легкая одежда, оставляющая открытой большую часть поверхности тела, способствует улучшению теплового состояния организма, т.к. открытая поверхность имеет более выгодные условия, чем закрытая, для теплоотдачи как путем конвекции и радиации, так и путем испарения влаги. Если же при этом человек подвергается интенсивному воздействию солнечной радиации, то температура кожи открытых участков тела значительно повышается (на $6-9^{\circ}\text{C}$). При обнажении большой поверхности тела возникает опасность повышения температуры тела, поэтому применение в этих условиях легкой открытой одежды не принесет облегчения.

Одежда предохраняет от воздействия лучистого тепла. В пустыне одежда необходима для защиты от чрезмерной солнечной радиации и потери влаги, в горячих цехах – от воздействия инфракрасной радиации. Под одеждой образуется более благоприятный микроклимат, характеризующийся более низкой температурой и более высокой влажностью подожного воздуха. Защита от перегревания жителей Средней Азии представляет наиболее трудную задачу. В некоторых других климатических районах тепловое состояние человека может быть нормализовано путем уменьшения термического сопротивления комплекта одежды.

5.2. Требования к летней одежде

Для улучшения теплового состояния человека в условиях повышенной температуры воздуха и интенсивной солнечной радиации необходимо в первую очередь уменьшить приток последней к поверхности тела. Это может быть достигнуто путём применения материалов малой теплопроводности, а также материалов, которые отражали бы максимальное количество солнечных лучей (например, металлизированных материалов).

Большое значение имеет цвет материала и его структура (в частности, сквозных пор). Задержка потока лучистой энергии (в том числе и его ультрафиолетовой части) по результатам большинства исследований значительно выше у окрашенных материалов, чем у материалов белого цвета.

Испарение влаги с поверхности тела и верхних дыхательных путей может быть единственным способом поддержания теплового баланса в условиях нагревающей внешней среды. В связи с этим при изготовлении одежды следует учитывать все возможные способы для повышения испарения выделяющегося пота.

1. Одежда должна не плотно прилегать к телу, а образовывать воздушный слой вокруг него, который способствует испарению влаги не-

посредственно с кожи, что увеличивает теплоотдачу организма. Образующийся слой водяного пара между кожей и одеждой уменьшает воздействие солнечной радиации. Выполнять это требование можно путём выбора необходимого припуска на свободу облегания.

2. Пододёжное пространство должно вентилироваться. Это можно обеспечить применения материалов требуемой воздухопроницаемости и правильного выбора конструкции одежды (например, применение в ней вентиляционных устройств).

3. Материалы для одежды должны быть гигроскопичными, способными впитывать влагу и отдавать её в окружающую среду, чтобы снизить влажность воздуха в пододёжном пространстве. Повышение влажности приводит к уменьшению выделения влаги и ухудшению самочувствия человека. Кроме того, увлажнённая поверхность одежды облегчает процесс терморегуляции организма человека, т. к. увеличивается поверхность испарения. Поэтому высокая гигроскопичность и воздухопроницаемость – обязательные условия при выборе материалов для летней одежды. Желательно, чтобы воздухопроницаемость материалов была бы не менее $330\text{--}370 \text{ дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$, а гигроскопичность не менее 7% (при влажности воздуха 65%). Сохранение высокой воздухопроницаемости особенно важно для увлажнённого материала.

4. Материалы для одежды должны быть влагоёмкими, т.к. способность материала впитывать выделяющийся пот препятствует его стеканию и тем самым увеличивает эффективность влагопотерь.

5. Свойства материалов, обеспечивающие их быстрое высыхание, нежелательны, т.к. быстрое испарение влаги вызывает интенсивное охлаждение, особенно на тех участках, где материал тесно соприкасается с поверхностью тела. Когда кожа увлажнена, это может быть причиной простудных заболеваний. При медленном испарении влаги из материалов одежда остаётся слегка увлажнённой, что обеспечивает равномерный теплообмен, более «экономное» расходование пота и меньшее обезвоживание организма человека. В жарком сухом климате рекомендуется двухслойная одежда, состоящая из белья и платья. Такая одежда, во-первых, снижает нагревающее действие среды (вследствие меньшей теплопроводности пакета материала) и, во-вторых, уменьшает загрязнение верхней одежды выделяющимся потом.

6. Материалы одежды не должны прилегать к поверхности тела. Прилипший увлажнённый материал снижает потовыделительную функцию кожи. Для предотвращения прилипания, поверхность тканей должна быть неровной шероховатой.

На основании многолетних исследований, проведенных в районах Средней Азии, проф. Ю.В. Вадковская рекомендует для изготовления белья и платья хлопчатобумажные ткани. При определенной структуре они в наибольшей степени удовлетворяют гигиеническим требованиям.

Эти материалы хорошо стираются, сохраняя свои свойства. Предпочтение заслуживают ткани крепового переплетения: они менее теплопроводны, почти не прилипают к коже, более гигроскопичны, лучше удерживают влагу и медленнее её испаряют. При выборе материалов для изготовления бытовой одежды летнего назначения следует ориентироваться на комплекс их влажностных свойств и показатель воздухопроницаемости. Следует помнить, что увлажнение материала снижает его воздухопроницаемость и в реальных условиях эксплуатации одежды может ухудшить тепловое состояние организма.

Таблица 14

**Изменение воздухопроницаемости материалов при их увлажнении
(до состояния минимальной водоёмкости)**

Волокно	Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{сек}$		Уменьшение, %
	В суховоздушном состоянии	При увлажнении	
Полиамидные	0,5	0	-
Полиэфирные	31	17	46
	100	59	41
	190	92	51
	313	97	70
	370	370	0
Хлопок	12	4	67
	150	50	67
	245	150	39
	330	215	36

По данным табл. 14 можно судить о том, в какой степени изменяется воздухопроницаемость материалов при увлажнении. Данные указывают на то, что практически для изготовления летней одежды должны быть использованы материалы, имеющие в суховоздушном состоянии воздухопроницаемость ≈ 370 (синтетические материалы) и $330 \text{ дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{сек}$ (натуральные материалы). При прочих равных условиях лучшими являются материалы из натуральных волокон (в частности из хлопка).

Помимо свойств самих материалов, как указывалось выше, большое значение для вентиляции пододёжного пространства имеет конст-

рукция одежды. Все исследователи указывают на преимущества одежды свободного покроя, обеспечивающей хорошую вентиляцию пододежного пространства, что требуется для лучшего удаления выделяющегося пота. Одежда свободного покроя уменьшает температуру и влажность воздушных прослоек, понижает температуру кожи.

Таблица 15

Влияние вида одежды на показатели теплового состояния человека
($t_a=32^\circ\text{C}$; $U=1,8$ м/с; $W=60\%$, ходьба)

Показатель теплового состояния человека	Полиэтилен			Хлопок(плащ-пальтовые полотна)		
	комбинезоны	куртка и брюки	халат	комбинезоны	куртка и брюки	халат
Средневзвешенная температура кожи, $^\circ\text{C}$	37,0	35,8	35,7	35,9	35,9	35,4
Влагопотери, г/час	733	320	300	330	290	270
Эффективность влаговыделений, % (отношение колич. испарившейся влаги к общему колич. выделений)	39	47	80	71	76	85

Данные табл. 15 указывают на то, что одежда, обеспечивающая больший доступ воздуха в пододежное пространство (халат), увеличивает эффективность влаговыделений, уменьшает тепловую нагрузку на организм.

При использовании спецодежды летнего назначения на первое место выдвигается её защитная функция, например защита от пыли, нефтепродуктов и т. д. придание материалам защитных функций снижает, как правило, показатель воздухопроницаемости и влажопроводности. Ухудшение этих показателей по возможности должно компенсироваться улучшением конструкции одежды: вентиляционные устройства (согласно топографии потоотделений) в области спины, груди, подмышечной области, внутренней поверхности бёдер.

Дополнительные требования предъявляются к спецодежде, предназначенной для защиты от воздействия лучистого тепла (например, в горячих цехах металлургической и стекольной промышленности). В этом случае для уменьшения притока тепла к телу человека необходимо использовать материал, обладающий высокими отражающими свойствами. Такими материалами являются металлизированные асбест и лён. Однако при теплоизлучении большой интенсивности эти материалы

быстро прогреваются, из-за чего их можно применить только в пакете, обладающим определённым термическим сопротивлением. Учитывая, что металлизированные материалы – это влаго-воздухонепроницаемые материалы, которые нарушают влагообмен человека с окружающей средой, необходимо принимать во внимание площадь и топографию участков одежды, подвергающихся воздействию лучистого теплового потока. В тех случаях, когда воздействию лучистого тепла может подвергнуться вся поверхность тела человека, требуется костюм, изготовленный из металлизированных материалов. Во избежание перегревания организма время непрерывного пользования этим костюмом лимитируется.

Но иногда даже на короткое время, необходимое для выполнения определённых рабочих операций, не представляется возможным с помощью спецодежды защитить человека от воздействия тепла, например при ремонте горячих печей температурой 100–150°C и работе в жарком климате в герметичной и полугерметичной спецодежде. В этих условиях эффективным является способ искусственного терморегулирования путём применения различных охлаждающих устройств.

Одним из них является пододёжный воздухораспределитель с вихревым генератором холода. Воздухораспределительные трубки размещаются на хлопчатобумажном белье. Трубки объединены поясом коллектором, в который подаётся сжатый воздух под давлением. При использовании данного устройства теплообмен обеспечивается с поверхности груди, спины, живота, поясницы, плеч, бёдер голени, головы.

Другим способом терморегуляции является применение устройств кондуктивного охлаждения. Устройства с кондуктивным охлаждением представляют собой водораспределительные трубки с внутренним диаметром 3,3 мм, по которым циркулирует охлаждённая жидкость. В зависимости от условий труда рабочего могут быть использованы устройства в виде жилета, брюк, комбинезона.

Одним из способов улучшения теплового состояния человека является локальное охлаждение. Помещённый в специальный карман спецодежды хладагент (например, лёд) увеличивает теплоотдачу с отдельных участков тела, уменьшает скорость наполнения тепла в организме, улучшает самочувствие.

Итак, для защиты человека от теплового воздействия необходимо:

1. Разработать материалы, обладающие высокой воздухо- и влагопроницаемостью, гигроскопичностью, капиллярностью, влагоотдачей, не прилипающие к поверхности тела, уменьшающие внешнюю тепловую нагрузку.

2. Создать рациональную конструкцию, обеспечивающую отвод тепла с поверхности тела путём испарения влаги и уменьшающую приток тепла извне.

3. Применять в комплекте со спецодеждой охлаждающие терморегулирующие системы.

6. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ

Специальная одежда, обеспечивающая защиту от опасных и вредных производственных факторов, должна отвечать эргономическим, эксплуатационным и эстетическим требованиям. На практике часто приходится сталкиваться с противоречиями этих требований.

Создание специальной одежды, отвечающей всем перечисленным требованиям, складывается из пяти основных этапов:

1) анализ технических требований и изучение условий труда рабочих;

2) выбор материалов, в наибольшей степени соответствующий конкретным условиям производства (воздействию вредных и опасных производственных факторов, метеорологическим условиям);

3) разработка конструкции одежды с учетом динамики работающих, локализации воздействия вредного и опасного производственного фактора и метеорологических условий;

4) оценка специальной одежды в лабораторных и производственных условиях;

5) разработка нормативно-технической документации на массовое или серийное изготовление специальной одежды.

Качество специальной одежды для рабочих конкретных профессий во многом определяется знаниями условий труда. При изучении условий труда рабочих в первую очередь обращают внимание на следующее: характер производственных факторов и степень их воздействия (по всей поверхности или на локальных участках); тяжесть выполняемой работы; характерные движения; метеорологические условия (температура и влажность воздуха, скорость ветра); режим труда и отдыха; нормативный срок эксплуатации (в соответствии с нормами бесплатной выдачи спецодежды, спецобуви и предохранительных приспособлений); эстетические требования (цветовое решение, соответствие промышленному интерьеру предприятия).

Защитные, эксплуатационные и гигиенические свойства спецодежды во многом определяются материалами, из которых она изготавливается.

Для спецодежды используются хлопчатобумажные, льняные, шерстяные, шелковые и синтетические ткани, а также ткани с пленочным покрытием и изготовленные из смеси натуральных и синтетических волокон. Для придания защитных свойств ткани пропитывают различными составами. Материалы с пленочным покрытием предназначаются, как правило, для защиты от опасных и вредных жидких веществ. Широко применяются материалы с металлизированным покрытием, которые предназначаются для защиты от интенсивного инфракрасного излучения. В качестве основы для нанесения металлизированного слоя исполь-

зуются полульняные, асбестовые, синтетические ткани, а также ткани из стекловолокна.

К материалам для спецодежды предъявляются повышенные эксплуатационные и гигиенические требования.

При проектировании спецодежды необходимо знать такие показатели материалов, как толщина, поверхностная плотность, плотность, стойкость к истиранию, прочность на разрыв и раздирание, жесткость, усадка, воздухопроницаемость, гигроскопичность, паропроницаемость. В зависимости от конкретных условий производства, от сроков носки, определяемых «Типовыми отраслевыми нормами бесплатной выдачи спецодежды», абсолютные значения показателей могут быть различны.

Обеспечение защитных, эксплуатационных и гигиенических требований, предъявляемых к спецодежде, возможно при использовании не только соответствующих материалов, но и конструктивных элементов.

Характер конструктивных элементов определяется назначением спецодежды и условиями ее эксплуатации. Например, для обеспечения защитных требований в соответствии с условиями производства в горячих цехах конструкция костюма не должна иметь конструктивные элементы, задерживающие искры и брызги металла. Этим требованиям отвечает прямой покрой с потайной застежкой, без выступающих деталей.

6.1. Виды конструктивных элементов

Требования к регулированию теплозащитных функций спецодежды в соответствии с изменением параметров окружающей среды удовлетворяются путем применения многослойных утеплителей (пристеги瓦ющихся к основной ткани, утепляющей прокладки, утепленного белья и т. д.) и различных вентиляционных устройств. Это позволяет регулировать тепловое сопротивление одежды за счет изменения толщины утеплителя путем комбинирования его слоев или путем нарушения инертности воздушных прослоек, используемых в качестве утепляющего слоя, или же попадания воздуха более низкой температуры в пододежное пространство.

Защиту от ветра в соответствующей спецодежде обеспечивают специальные клапаны по линии застежки куртки и брюк, капюшон, напульсники, конструктивные элементы, защищающие лицо (рис. 2).

Для регулирования ширины куртки и брюк в талии, по низу рукавов, брюк применяют хлястики, эластичные ленты и др.

Спецодежда для защиты от вредных жидких факторов должна иметь минимальное количество швов, защитные клапаны по линиям застежек, покрой не должен препятствовать стеканию жидкости. Карманы могут располагаться с изнаночной стороны изделия, в швах (рельефных, боко-

вых) или изготавливаться вместе с элементами, закрывающими вход в карман (клапаны, обычные листочки, двойные листочки и т.п.).

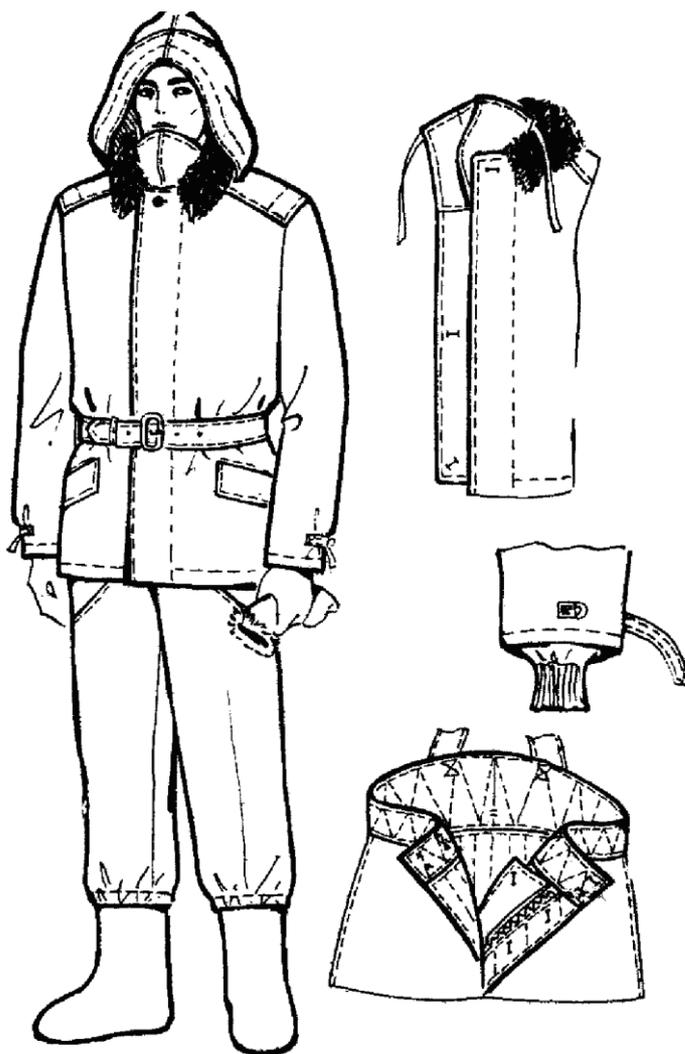


Рис. 2. Конструктивные элементы в одежде, используемые для защиты от ветра

К конструктивным элементам, обеспечивающим защиту от пылевидных вредных факторов, микроорганизмов, относятся всевозможные

пуфты, манжеты, хлястики (рис. 3), клапаны, напульсники, пояса, пелерины (рис. 4), эластичные ленты, текстильные застежки.

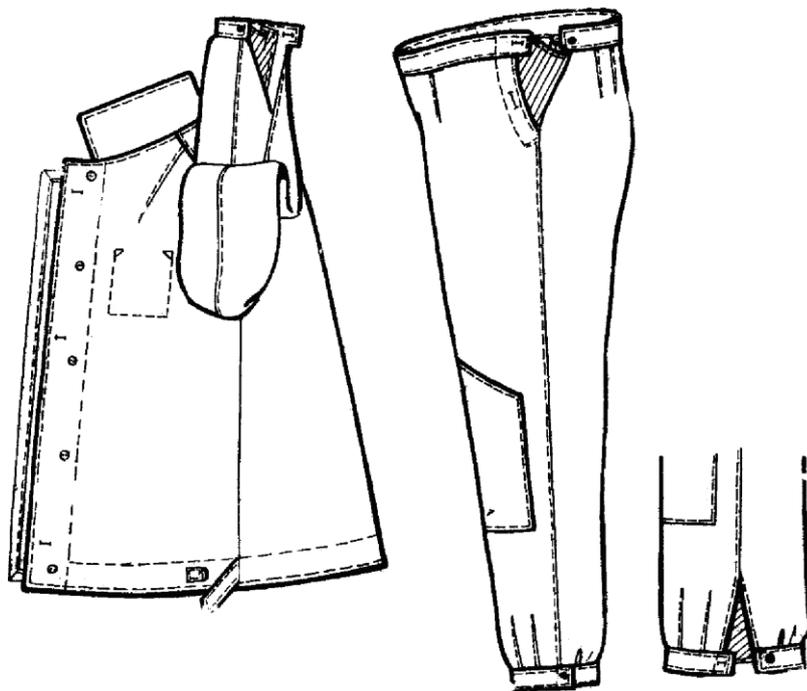


Рис. 3. Конструктивные элементы в одежде, используемые для защиты от пылевидных вредных факторов: пуфты, манжеты, хлястики

В спецодежде для защиты от локального воздействия нефти, кислоты, щелочи, нефтепродуктов на необходимых участках предусматриваются накладки из нефте-, щелоче- и кислотостойких материалов или основного материала. Эти накладки одновременно служат обеспечению эксплуатационных требований, что возможно также путем применения клеевых прокладочных материалов (с изнаночной стороны изделия), покрытия полимерными материалами тех участков, которые подвержены наибольшему износу.

Сохранение высокой работоспособности человека в условиях воздействия вредных производственных факторов является одной из важнейших функций спецодежды. Достижение этой цели возможно при

условии обеспечения защитных требований, предъявляемых к спецодежде, и нормального теплообмена человека с окружающей средой.

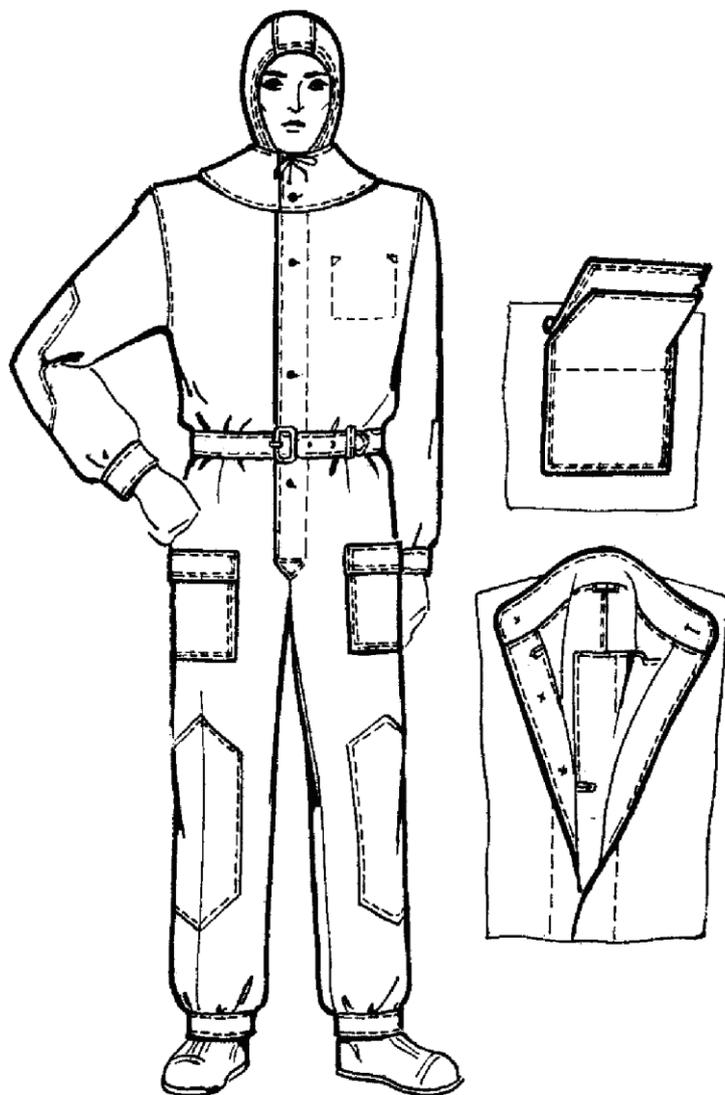


Рис. 4. Конструктивные элементы в одежде, используемые для защиты от пылевидных вредных факторов: клапаны (по борту), пелерины, манжеты, клапаны карманов

Одним из способов улучшения теплообмена человека, а следовательно, и его самочувствия является введение в конструкцию элементов для обеспечения вентиляции воздуха в пододежном пространстве.

В спецодежде летнего сезона это происходит путем увеличения теплоотдачи испарением выделяемой человеком влаги. В условиях нагревающей среды этот способ теплоотдачи является основным.

В спецодежде зимнего сезона вентиляционные устройства способствуют нормализации теплообмена человека с окружающей средой путем регулирования теплового сопротивления одежды и снижения температуры воздуха в пододежном пространстве.

Одним из требований в этом случае является предупреждение попадания наружного холодного воздуха в пододежное пространство (между поверхностью тела и первым слоем одежды), что на фоне общего перегревания и повышенного потоотделения может вести к заболеваниям простудного характера.

В настоящее время при изготовлении спецодежды различного назначения для вентиляции пододежного пространства используются разнообразные конструктивные элементы. К основным из них относятся:

- отлетные кокетки в области спинки и полочек; для улучшения вентиляции таких кокеток на спинке и полочке может быть 2–3 (рис. 5);

- ластовицы в нижней части проймы рукава, имеющие специальную конструкцию и работающие по принципу мехов (рис. 6);

- отверстия, которые могут быть ромбовидными (рис. 7, а), щелевидными (рис. 7, б), круглыми и т.п., внизу проймы рукавов, вверху шаговых швов, по всей длине шаговых и боковых швов и т.д. (в зависимости от площади отверстий могут быть предусмотрены вставки из сетчатого полотна);

- вентиляционные отверстия щелевидные с застежкой-молнией (рис. 8) или закрывающиеся клапаном (длину вентиляционных отверстий, оформленных застежками-молниями, можно изменять, следовательно, можно регулировать количество проникающего извне воздуха);

- конструкция изделия, обеспечивающая эффект «дымовой трубы» (рис. 9). Этот эффект основан на том, что в движущемся потоке газа давление уменьшается по сравнению с давлением в статическом состоянии. Следовательно, при ходьбе возникает разность между давлением пододежного и наружного воздуха. При этом воздух из области более высокого давления (из пододежного пространства) проникает в область более низкого давления (наружу), а в пододежное пространство воздух проникает снизу, что и обеспечивает его циркуляцию.

Выбор места расположения того или иного вентиляционного элемента определяется топографией потовыделений, а также тем вентиляционным эффектом, который может быть достигнут в конкретных условиях эксплуатации одежды (например, при ходьбе, наклоне тела и т.д.).

Установлено, что интенсивность потовыделений на разных участках поверхности тела человека различная. К зонам сильной и умеренной интенсивности потовыделения относятся: подмышечные впадины, поясничная область, область груди, область между лопатками, паховая область, подколенная область, запястья и кисти рук, лоб, передняя часть шеи.

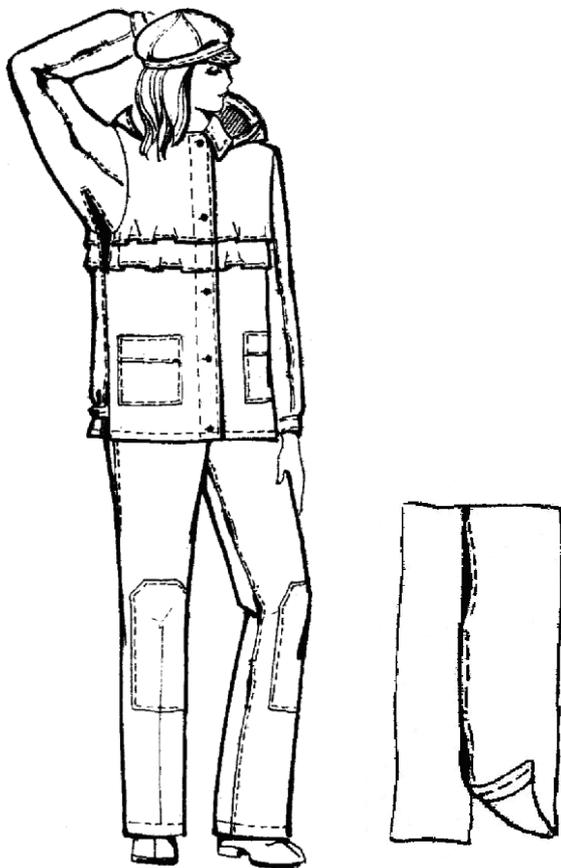


Рис. 5. Конструктивные элементы для обеспечения вентиляции пододежного пространства: отлетные кокетки, отверстия в шаговых швах брюк и рукавах

Выбор вида вентиляционных отверстий также определяется характером движений работающих в процессе трудовой деятельности. Например, применение ластовиц, работающих по принципу мехов и расположенных в области подмышечных впадин, наиболее эффективно лишь при махо-

вых движениях руками. Одним из способов, обеспечивающих вентиляцию пододежного пространства, является увеличение припуска на свободное облегание. Особенно это эффективно в спецодежде, изготовленной из материалов с низкой воздухопроницаемостью.

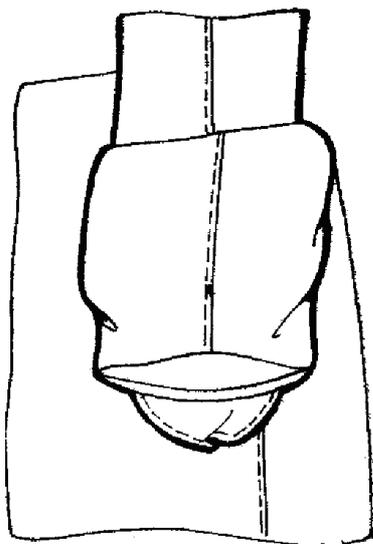


Рис. 6. Ластовица

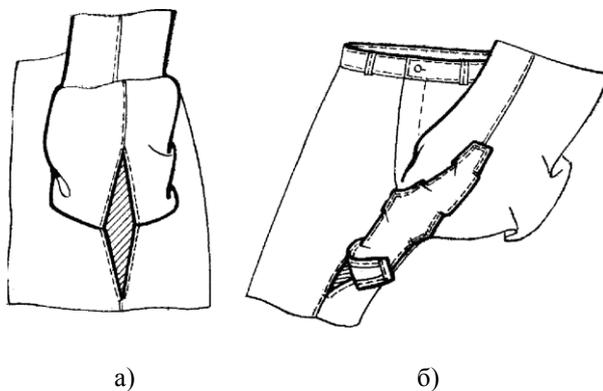


Рис. 7. Вентиляционные отверстия

В случае локального воздействия вредного производственного фактора, защита от которого возможна путем применения материалов, име-

ющих очень часто неудовлетворительные показатели гигиенических свойств, рекомендуется комбинирование этих материалов с материалами, обладающими хорошими показателями гигиенических свойств: высокими воздухопроницаемостью, гигроскопичностью и паропроницаемостью.

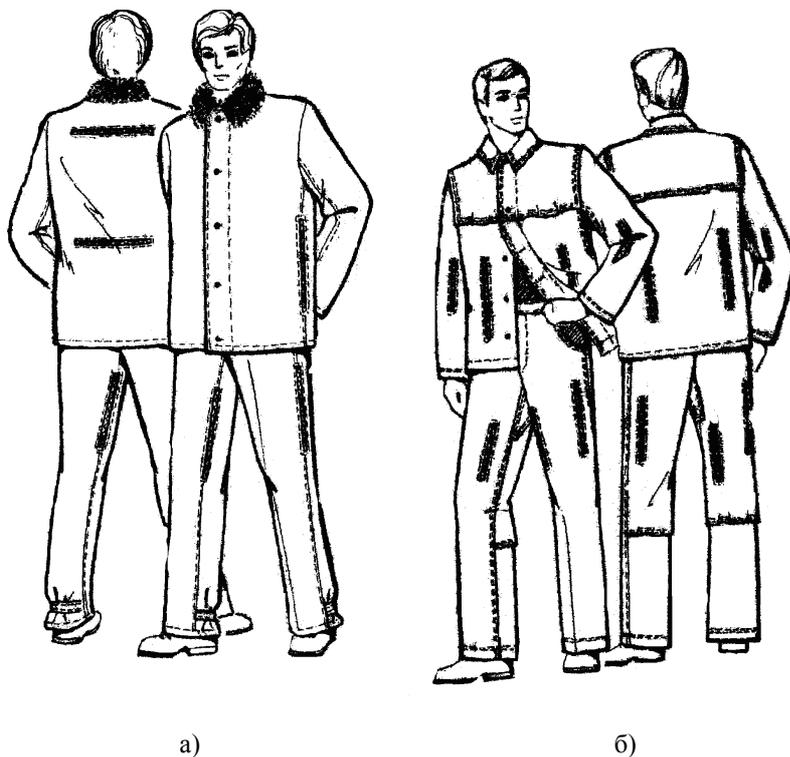


Рис. 8. Щелевидные вентиляционные отверстия в спецодежде с застежкой-молнией:
а – для зимнего сезона; б – для летнего сезона

В практике создания спецодежды применяются также и другие конструктивные приемы, способствующие решению проблемы вентиляции пододежного пространства. Так, Институт физиологии (ФРГ) при разработке одежды из водонепроницаемых материалов для рыбаков и моряков рекомендует комплекты, состоящие либо из плаща и ботфорт (рис. 10, а), либо из куртки и брюк специальной конструкции (рис. 10, б). Для обеспечения гигиенических требований в этих видах спецодежды предусмотрено несколько конструктивных элементов.

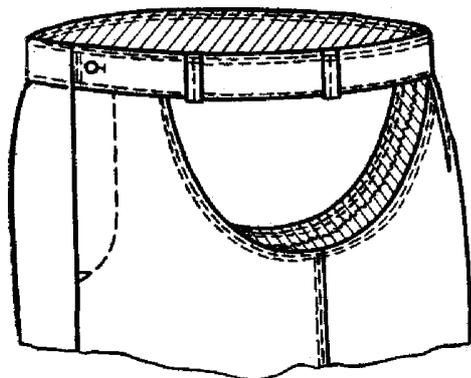


Рис. 9. Вентиляционное отверстие в брюках

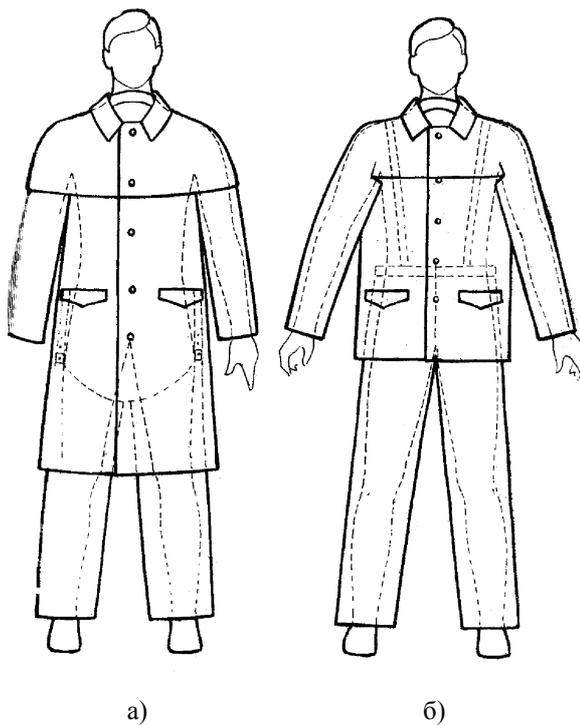


Рис. 10. Комплекты одежды, обеспечивающие вентиляцию пододежного пространства

Под пелериной (рис. 10, а), надежно защищающей от воды верхнюю опорную поверхность тела человека (области спины, груди, верхней части рук), находится вставка из сетчатого полотна. Пелерина крепится к основному изделию только в нескольких местах, благодаря чему получаются отверстия для доступа воздуха в пододежное пространство. Ботфорты крепятся к плащу различными способами (на пуговицах, с помощью текстильных застежек и т.д.).

Другой разновидностью вентилируемой спецодежды являются брюки, пристегивающиеся с помощью петель к специальному поясу, располагающемуся на талии таким образом, что отстают от нее на 1,5–2,5 см, обеспечивая вентиляцию области бедер (рис. 10, б). Расширенный низ куртки и рукавов также способствует вентиляции пододежного пространства в области туловища и верхних конечностей.

Верхнюю часть брюк, закрываемую плащом, можно изготавливать из ткани с хорошими гигиеническими свойствами.

Особое значение для регуляции микроклимата в пододежном пространстве вентиляционные устройства приобретают при изготовлении спецодежды из влаго- и воздухо непроницаемых материалов.

6.2. Влияние вентиляционных устройств на тепловое состояние человека при повышенной температуре окружающей среды

Часто для придания одежде защитных функций конструкция ее должна быть замкнутой, т.е. она должна быть такой, чтобы предотвратить попадание загрязненного наружного воздуха в пододежное пространство (например, при значительной запыленности воздуха). «Замкнутость» пододежного пространства достигается благодаря плотному прилеганию нижней части куртки, рукавов и брюк, воротника (рис. 11), но так, чтобы при выходе рабочего из загрязненной среды можно было растянуть или ослабить застежки в области воротника, низа рукавов и брюк, т.е. чтобы получился костюм открытой конструкции.

Эффективность этого способа вентиляции в наибольшей степени проявляется в условиях воздействия ветра. Так, при прочих равных условиях, вентиляционные отверстия, образующиеся при неплотном прилегании воротника, низа рукавов и брюк, в относительно спокойном воздухе ($t_a = 20^\circ\text{C}$) способствуют увеличению плотности теплового потока на 5%, при скорости ветра 3 м/с – на 9,5%.

Увеличивается также теплоотдача испарением, снижается температура воздуха в пододежном пространстве (на $1,3^\circ\text{C}$ в относительно спокойном воздухе и на $1,5^\circ\text{C}$ при скорости ветра 3 м/с). В результате понижается температура кожи у работающих в костюме открытой конструкции (табл. 16).

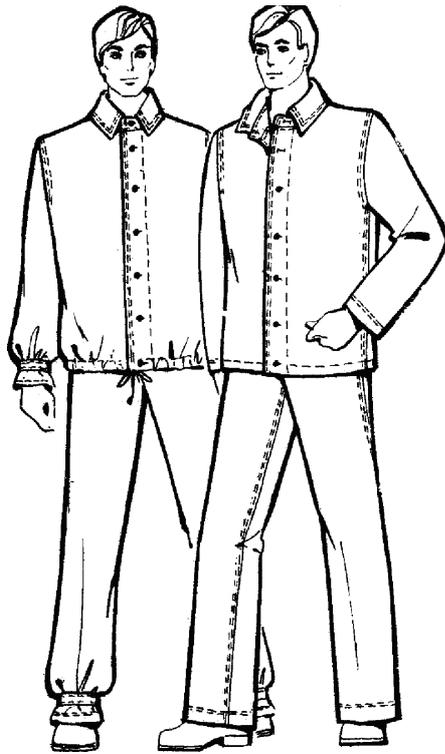


Рис. 11. Летняя спецодежда для защиты от пыли

Таблица 16

Изменение температуры кожи у работающих в костюмах открытой и замкнутой конструкций (по данным Л.А. Басаргиной)

Область тела	Температура кожи, °С	
	Открытая конструкция одежды	Замкнутая конструкция одежды
Грудь	32,6	33,3
Спина	32,5	32,8
Поясница	32,5	33,4
Живот	34,8	34,9
Голень	34,6	34,9

Примечание. Исследование проводили при температуре воздуха 20°С и скорости ветра 3 м/с.

Условия теплообмена человека значительно улучшаются благодаря введению в конструкцию костюма дополнительных вентиляционных устройств: щелевидных вентиляционных отверстий в области спинки, задней поверхности рукавов и брюк (рис. 9). При одновременном их открывании плотность теплового потока с поверхности тела увеличивается на 22,1% в относительно спокойном воздухе и на 34,2% при скорости ветра 3 м/с. Температура воздуха под одеждой снижается на 1,1°C в относительно спокойном воздухе, средняя температура кожи на участках, закрытых костюмом, уменьшается на 0,7°C. Применение вентиляционных отверстий позволяет уменьшить перегревание организма при увеличении уровня его энергозатрат и повышении температуры окружающей среды. Расположение вентиляционных отверстий под кокеткой (рис. 5) способствует улучшению условий теплообмена в области туловища: увеличивается теплоотдача (на 19,5%), снижается температура воздуха (на 0,4°C в относительно спокойном воздухе и на 3,3°C при скорости ветра 3 м/с). Поэтому для изготовления спецодежды летнего назначения рекомендуются вентиляционные отверстия в области кокетки (на спинке и полочках).

Использование вентиляционных отверстий в области подмышечных впадин (рис. 5) способствует снижению температуры кожи туловища на 0,4°C в относительно спокойном воздухе и на 1°C при скорости ветра 3 м/с, увеличению теплоотдачи на этом участке соответственно на 13,6 и 27,3%, снижению температуры воздуха под одеждой на 0,4 и 0,8°C.

Щелевидные вентиляционные отверстия в области шагового шва (рис. 8, б) увеличивают тепловой поток с поверхности бедер на 5,3% и снижают температуру кожи этого участка на 0,3°C.

Все описанные вентиляционные отверстия в достаточной степени эффективны для увеличения теплоотдачи и улучшения теплового состояния человека. При этом общий вентиляционный эффект достигается лишь при одновременном открывании отверстий, расположенных на различных участках одежды, например в подмышечной области, кокетках куртки, шаговых швах (рис. 9). Каждое в отдельности вентиляционное отверстие оказывает локальное влияние, степень которого зависит от характера движений во время выполнения рабочих операций. Например, вентиляционные отверстия в подмышечной впадине целесообразно предусматривать в спецодежде для тех категорий рабочих, в производственной деятельности которых преобладают маховые движения рук (например, в спецодежде для лесозаготовителей), вентиляционные отверстия в шаговом шве эффективны при ходьбе.

6.3. Влияние вентиляционных устройств на тепловое состояние человека при пониженной температуре окружающей среды

Применение вентиляционных устройств в зимней спецодежде может служить одним из способов регулирования ее теплового сопротивления при изменении условий деятельности человека (повышении температуры воздуха, увеличении физической активности).

Наиболее целесообразным является комплект зимней одежды, утеплитель в которой выполнен разъемным: пристегивающимся к материалу верха и в виде утепленного белья (рис. 12). В этом случае вентиляционные отверстия могут быть расположены в верхнем костюме (рис. 8). Холодный наружный воздух проходит между двумя слоями утеплителя и не вызывает чрезмерного охлаждения поверхности тела.

Результаты исследований комплекта зимней спецодежды с различной топографией вентиляционных отверстий, проведенные в условиях, вызывающих некоторое перегревание организма, показали, что они оказывают существенное влияние на показатели микроклимата под одеждой и теплоотдачу организма. Открывание вентиляционных отверстий, особенно при ветре, снижает тепловое сопротивление комплекта спецодежды и расширяет температурный диапазон, в котором может быть сохранен тепловой комфорт. Например, открывание отверстий в нижней части куртки и внутренней поверхности брюк (область шагового шва) при скорости ветра 5 м/с приводит к уменьшению температуры кожи в области туловища на 0,8°C. Температура кожи бедра не изменяется, теплоотдача не увеличивается. Теплоотдача радиацией и конвекцией с поверхности туловища увеличивается на 22% (с 68,2±3 до 83,5±10 Вт/м²). Общая теплоотдача радиацией и конвекцией увеличивается на 11%, суммарное тепловое сопротивление комплекта спецодежды уменьшается на 12%, что эквивалентно расширению комфортного диапазона температуры наружного воздуха (при уровне энерготрат около 290 Вт) на 5,5°C. Это означает, что, если комплект спецодежды обеспечивает при закрытом вентиляционном отверстии тепловой комфорт при $t_e=15^\circ\text{C}$, то при открытом (в нижней части куртки) – при $t_e = 9,5^\circ\text{C}$. Работа при этой температуре воздуха с закрытым вентиляционным отверстием приведет к перегреванию организма, которое может повлечь за собой простудные заболевания.

В брюках для уменьшения теплоизоляции нижней половины тела вентиляционные отверстия целесообразно располагать в области боковых швов (бедра). С боку куртки вентиляционные отверстия эффективны лишь при выполнении человеком маховых движений руками. Итак, применение вентиляционных отверстий в зимней спецодежде, как и в летней, эффективно лишь в том случае, если их локализация учитывает характер физической деятельности человека.

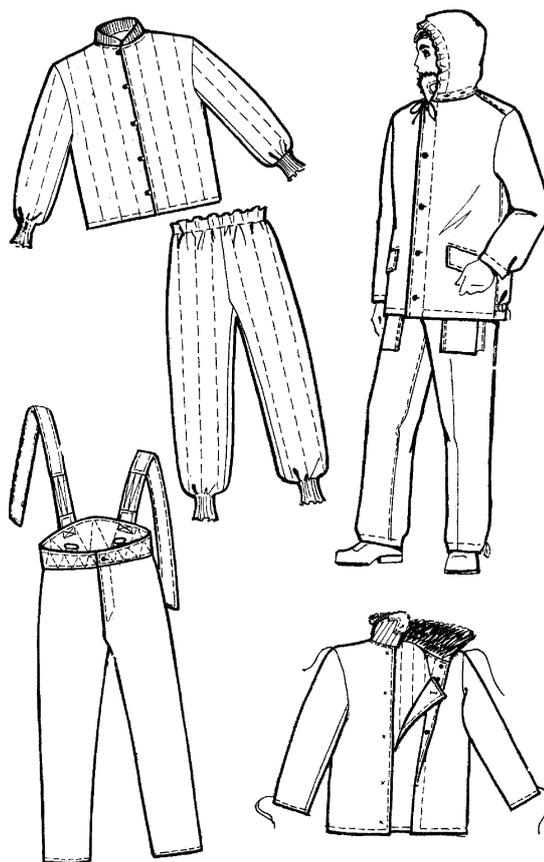


Рис. 12. Зимняя спецодежда с разъемным утеплителем

Конструирование спецодежды базируется также на расчетах теплофизических параметров пакета материалов, которые учитывают не только свойства материалов, но и вид спецодежды, ее конструкцию, обуславливающие тепловое состояние организма в условиях охлаждающей и нагревающей среды.

7. МЕТОДЫ ФИЗИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ОДЕЖДЫ

Физиолого-гигиеническая оценка одежды выполняется с целью определения соответствия ее условиям носки, сравнения существующей и вновь созданной одежды, установления допустимого времени непрерывной эксплуатации и др.

При физиолого-гигиенической оценке определяют влияние одежды на показатели теплового состояния человека и микроклимата под одеждой, уделяют внимание субъективному тепловому состоянию человека, степени удобства одежды и др. Оценку производят методами биотермометрии, биокалориметрии и биовлагометрии.

7.1. Методы измерения температуры

Современные типы биотермометров классифицируют по двум признакам:

1) конструкции, зависящей от области тела, в которой устанавливают датчики – аксиллярные (в подмышечной впадине), оральные (во рту), ректальные (в прямой кишке), паховые, пупочные, кожные и др.;

2) термометрическому эффекту, на котором основан принцип работы термометра, – тепловое расширение, изменение электрического сопротивления, термоэлектричество, тепловое излучение и др.

В физиолого-гигиенической практике оценки одежды наибольшее распространение среди биотермометров получили термометры сопротивления и термопары.

В датчиках термометров сопротивления используется зависимость изменения электрического сопротивления чувствительного элемента от температуры. В качестве материалов для чувствительного элемента используют чистые металлы, их сплавы, полупроводники и т. д. Для чистых металлов характерно постоянство температурного коэффициента сопротивления. Из металлов наиболее широко применяются медь и платина. Чувствительные элементы в полупроводниковых термометрах сопротивления (термисторах или терморезисторах) выполняются из материалов, полученных из смесей окислов: NiO, Mn₂O₃, CO₂O₃ и т.д.

Термисторы обладают высокой температурной чувствительностью. Температурный коэффициент термисторов в диапазоне температур 20...40°C в 5–20 раз выше, чем температурный коэффициент металлических термометров. Это обстоятельство объясняет широкое использование термисторов в технике биотермометрии. Измерение электрических сопротивлений термометров производят с помощью известных уравновешенных и неуравновешенных мостовых схем.

В основе действия термопарных медицинских термометров лежит известное явление возникновения разности потенциалов на концах электрической цепи, которая состоит из двух и более разнородных металлических проводников (так же в полупроводниках, кристаллах, расплавах и др.). Эту разность потенциалов называют электродвижущей силой, которая зависит от температуры и материала электродов, образующих пару.

Наиболее стабильными термоэлектрическими свойствами обладают термопары из чистых металлов. Вместе с тем малая величина развиваемой ими термоЭДС предъявляет высокие требования к чувствительности измерительных приборов. Поэтому одним из способов повышения чувствительности измерительной схемы является использование батареи последовательно соединенных термопар. Другой способ повышения чувствительности измерительной схемы – увеличение разности температур спаев. В этом случае одни из термоспаев (контрольный) помещают в сосуд с тающим льдом. Полупроводниковые термопары развивают значительные разности потенциалов (300 мкВ/К и более), но их термоэлектродвижущая сила зависит от температуры. Однако, несмотря на то, что при физиолого-гигиенической оценке одежды диапазон измеряемых температур небольшой, применение полупроводниковых термопар предпочтительнее.

Температуру тела можно определять различными способами: в подмышечной впадине, во рту, в слуховом проходе, в прямой кишке. Из общепринятых и доступных способов измерения температуры тела наиболее надежным и точным является измерение температуры в прямой кишке. Вследствие глубокого расположения в организме прямая кишка хорошо изолирована, ее температура (t_p) близка к температуре крови в аорте, а изменение температуры в аорте сказывается на показаниях ректальной температуры. Поэтому ректальная температура мало изменчива при резких и кратковременных тепловых воздействиях на кожу. Температура тела, измеренная в подмышечной впадине или под языком, под влиянием различных факторов (например, обильного потоотделения или вдыхания холодного воздуха) может значительно отличаться от температуры артериальной крови. По данным физиологов, при измерении температуры тела t_p датчик должен быть погружен в прямую кишку на глубину 8–12 см. Для измерения температуры тела в процессе исследования одежды используются электротермометры различных марок (ТСМ-2, ТЭМП-60 и др.). Для измерения температуры кожи применяются термисторы КМТ-12, ММТ-1, ММТ-4, термометры сопротивления (например, ТСМ-410-01).

Датчики для измерения температуры кожи размещают, как было сказано в предыдущих разделах, в 11 точках поверхности тела. Температура кожи измеряется с помощью регистрирующее аппаратуры через

каждые 5 мин. Измерение температуры кожи представляет собой сложный процесс. При наложении термочувствительного датчика на кожу в месте контакта нарушается нормальный теплообмен, что является одной из причин погрешностей измерения температуры. Для исключения влияния конструкции датчика на измерения температуры кожи датчик должен удовлетворять следующим требованиям: иметь как можно меньшую площадь контакта с кожей, минимальную толщину и инерционность; степень прижатия датчика к коже должна быть постоянной и не превышать 0,2–0,25 Па; датчики не должны раздражать участков кожи, температура которых измеряется.

Наиболее универсальными для измерения температуры кожи являются микротермисторы (МТ-54, МКМТ-16), представляющие собой бусинку диаметром 0,5 мм, изготовленную из полупроводникового материала, который заключен в стеклянную оболочку. Площадь соприкосновения таких датчиков с кожей составляет 0,2 мм². Температурные датчики крепятся на поверхности тела человека с помощью резиновой тесьмы. При измерении температуры наблюдаются такие погрешности, влияющие на достоверность полученных измерений, как погрешности эталонирования биотермометров, погрешности измерительной схемы, погрешности, вызванные теплообменом биотермометра с окружающей средой и телами, погрешности, связанные с инерционностью биотермометров и др.

При гигиенической оценке одежды с целью регистрации температуры используют не только обычную проводную связь, но и радиотелеметрию. Однако современная радиотелеметрическая аппаратура в большинстве случаев имеет большие габариты. Вследствие этого ее применение ограничено.

7.2. Биокалориметрия

При изучении теплового состояния человека в одежде большую роль играют методы биокалориметрии, которые позволяют определить энерготраты, теплопродукцию, тепло- и влаговыделение. Параллельно изучаются состояние сердечно-сосудистой системы, нарушения в которой возникают вследствие перегревания или переохлаждения организма человека и температурного воздействия внешней среды. Энерготраты определяют при оценке различных конструктивных изменений в одежде. По данным, например, при исследовании всесезонных курток с различными прибавками на свободу облегания по линии груди наблюдается увеличение энерготрат при выполнении дозированной физической нагрузки (подъем штанги массой 10 кг на высоту вытянутых вверх рук с частотой 15 подъемов и опусканий в минуту): в куртке с Пг = 5 см энерготраты составляют 133 Вт, в куртке Пг = 11 см они равны 118 Вт.

Энергообмен организма человека производят методами непрямой и прямой калориметрии.

Методы непрямой калориметрии. Энерготраты при использовании метода непрямой калориметрии определяют исходя из объема поглощенного организмом человека кислорода (V_{O_2}) и объема выделенного углекислого газа (V_{CO_2}), измеренных с помощью газообменных методик. С учетом дыхательного коэффициента $\dot{A} = V\dot{V}_{i_2} / V\dot{V}_2$ и в зависимости от значения теплового эквивалента 1 л поглощенного кислорода рассчитывают энерготраты человека. По тому же методу устанавливают теплопродукцию человека и энергию, затрачиваемую им на выполнение внешней работы.

Значения дыхательного коэффициента находятся в пределах 0,7–1. В зависимости от природы окисляемой в организме пищи коэффициент D при окислении углеводов равен 1, белков – 0,85, жиров – 0,7 и смешанной пищи – 0,82. Тепловой эквивалент (калорический коэффициент) 1 л поглощенного кислорода принимают равным для углеводов 5, белков – 5,85 и жиров – 4,7 Вт.

Для анализа выдыхаемого воздуха в методах непрямой калориметрии используются приборы, работающие по принципу газоанализной и объемной методик.

По газоанализной методике контролируют только выдыхаемый воздух. Его объем измеряют с помощью газовых счетчиков, а содержание в нем CO_2 и O_2 – химическими или физическими газоанализаторами. Широко известен работающий по этому принципу прибор Дугласа-Холдена. Определение содержания кислорода и углекислого газа в выдыхаемом воздухе основано на принципе измерения объема воздуха до и после обработки его химическими веществами, поглощающими из него CO_2 и O_2 . Газоанализный метод Дугласа-Холдена не требует сложной аппаратуры. Однако процесс проведения исследований трудоемок. Необходимость работы со ртутью и щелочью в качестве поглотителей CO_2 и O_2 требует для проведения исследований специальных помещений. Автоматические газоанализаторы (приборы открытого типа) более удобны. Выдыхаемый воздух в таких приборах выпускается через газовый счетчик в атмосферу, а часть воздуха направляется в газоанализатор для определения O_2 и CO_2 .

Автоматическими газоанализаторами открытого типа являются СОТ-1, ЛГИ-1, прибор Белая и др. Такие газоанализаторы имеют ряд недостатков: невысокую точность прибора, невозможность проводить исследования в разных газовых режимах дыхания, инерционность, громоздкость и т.д.

Объемная методика заключается в регистрации уменьшения объема газа в замкнутой системе, к которой присоединен человек. Выделяемый человеком углекислый газ улавливается поглотителем (твердым

или жидким). Достоинство объемной методики заключается в том, что искомые величины определяют сразу, без промежуточных или косвенных измерений. Для этих исследований используются приборы закрытого типа, рабочей частью которых является спирометр-аппарат, измеряющий объемы газов.

Спирометр 1 соединен (рис. 13) с мундштуком 3, через который дышит человек, забирая при вдохе воздух из спирометра и выдыхая его обратно. На пути выдыхаемого воздуха установлен поглотитель 4 углекислого газа. Так как кислород потребляется человеком постоянно, а выдыхаемый углекислый газ поглощается химическими веществами, объем воздуха в аппарате уменьшается. При выдыхании человека спирометр реагирует на изменение объема воздуха, а посредством самописца 2 регистрируется дыхательный процесс па движущейся ленте. На спирометре регистрируются все данные, характеризующие внешнее дыхание человека: глубина, частота и ритм, продолжительность вдоха и выдоха, объемы поглощенного кислорода и выделенного углекислого газа.

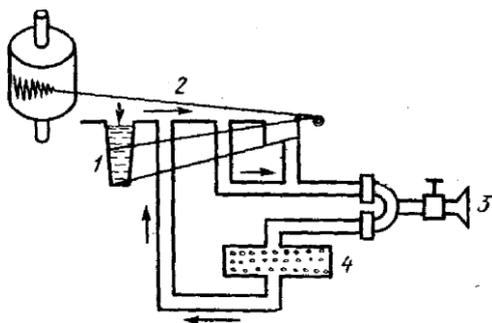


Рис. 13. Схема спирометра

Спирометры позволяют проводить газовый анализ воздуха при содержании в нем не более 21% кислорода. При исследовании некоторых видов специальной одежды вдыхаемый воздух может содержать до 30–70% кислорода. В связи с этим анализ воздуха выполняют на газоанализаторах, позволяющих определять высокие концентрации кислорода. Для газового анализа вдыхаемого и выдыхаемого воздуха широко применяется метод газовой хроматографии, основанный на физическом разделении сложных смесей. С помощью газохроматографов производится разделение газовых смесей, качественный и количественный анализ отдельных компонентов.

Основные части газохроматографа (рис. 14) — разделительная колонка с определенным наполнением и детектор, который фиксирует входящие в него компоненты газовой смеси. Газ-носитель (азот, аргон,

водород и др.) из баллона 1 поступает через редукционный вентиль 2 в осушитель 3 для удаления из него влаги. Необходимый расход газ-носителя устанавливается по ротаметру 4. Далее газ-носитель проходит приспособление 5 для ввода исследуемой газовой пробы, откуда введенная проба воздуха потоком газа вносится в хроматографическую разделительную колонку 6. Разделенные компоненты из колонки поступают в детектор 7, величина сигнала которого определяется химическими свойствами и количеством исследуемого газа. Хроматограмма разделения газовой смеси записывается на ленте самописца 8.

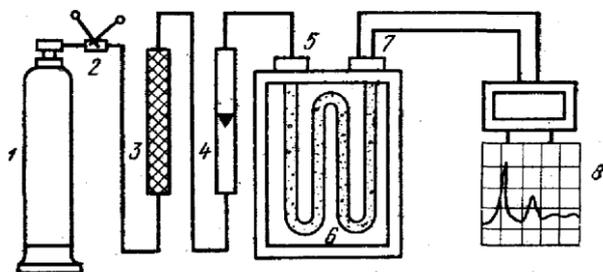


Рис. 14. Схема газохроматографа

Метод газовой хроматографии прост, позволяет повысить точность исследований и сократить время анализа газовой смеси (продолжительность анализа пробы не превышает 5 мин).

Для определения энерготрат может быть использовано эмпирическое уравнение, устанавливающее зависимость энерготрат от объема легочной вентиляции:

$$Q_{\text{вб}} = 0,233V,$$

где V – объем легочной вентиляции, приведенный к нормальному давлению при температуре воздуха 0°C , $\text{дм}^3/\text{ч}$.

Функцию внешнего дыхания определяют на приборе «Спиро 2-25». Работа прибора основана на принципе объемных измерений вдыхаемого и выдыхаемого воздуха, причем вдох производится из одного объема, а выдох – в другой. Для определения минутного объема дыхания (МОД) или минутной вентиляции легких (МВЛ) включают счетчик. Разность показаний счетчика в момент вдоха и выдоха, деленная на время исследования в минутах, показывает минутный объем дыхания или минутную вентиляцию легких.

Для изучения теплового состояния человека в некоторых видах специальной одежды (средствах индивидуальной защиты), когда следует учитывать физические особенности теплообмена человека, целесообразно

применять метод прямой калориметрии. Метод прямой калориметрии позволяет непосредственно измерять теплопродукцию и тепловыделения человека. Для более глубокого и всестороннего изучения процессов теплообмена человека в средствах индивидуальной защиты возможно одновременное применение непрямой и прямой калориметрии.

Методы прямой биокалориметрии. Биокалориметры, используемые в методах прямой биокалориметрии, различаются по конструкции и типу теплопередачи. Биокалориметры бывают проточные и статичные. К проточным биокалориметрам относятся носимые, изотермические и косвенные, к статичным – адиабатические, компенсационные, градиентные и динамические. В проточных биокалориметрах (изотермических устройствах) за счет высокой теплопроводности внешних оболочек тепло, выделяемое биологическим объектом, отводится из калориметрической камеры. В качестве теплоприемников применяют лед или воду, текущую по трубам теплообменника (рис. 15). Принцип работы, проточных биокалориметров заключается в следующем: лед или вода воспринимают тепло, выделяемое в калориметре, количество которого при постоянном расходе пропорционально изменению температуры жидкости.

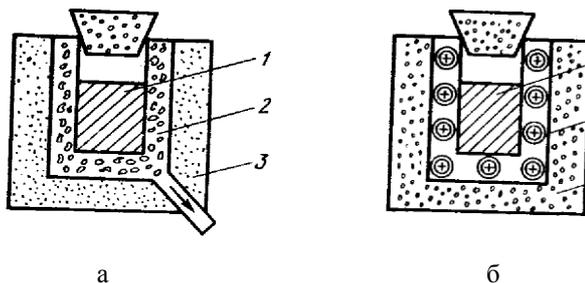


Рис. 15. Схемы изотермических биокалориметров:

а – с теплоприемником в виде льда; б – с теплоприемником в виде воды

В зависимости от вида циркуляционной системы различают проточные биокалориметры открытого и закрытого типов. В биокалориметрах первого типа производится одноразовое использование жидкости. Преимуществом таких биокалориметров является простота конструкции и высокая точность измерения расхода жидкости. В биокалориметрах второго закрытого типа циркуляция жидкости, которая обеспечивается насосом, требует применения расходомеров и систем поддержания или регулирования расхода теплоносителя. Калориметрические измерения в проточных биокалориметрах просты, но имеется ряд трудностей: систематические погрешности измерения зависят от точности измерения большого числа параметров (удельной теплоемкости, плот-

ности, расхода и изменения температуры жидкости). Особые трудности представляют случайные погрешности, связанные с неравномерностью потока жидкости, появлением пузырьков воздуха и др. Для уменьшения этих погрешностей применяют регуляторы расхода жидкости.

В статичных биокалориметрах предусмотрена оболочка, ограничивающая объем рабочей камеры и одновременно регистрирующая интенсивность тепловых процессов в калориметре. Адиабатические биокалориметры характеризуются малой (близкой к нулю) теплопроводностью системы оболочек, отделяющих его рабочую камеру от окружающей среды. Биологический объект в них термически изолирован.

Если теплопроводность среды, разделяющей оболочки биокалориметра (λ), равна нулю, то тепловой поток между оболочками также становится равным нулю. Тепло, выделяемое в калориметре (Q), становится равным произведению теплоемкости (c) на разницу температур в начале и конце наблюдения (ΔT): $Q = c \Delta T$.

В адиабатических биокалориметрах при исследованиях живого организма важным является исключить теплообмен между его рабочей и внешней оболочками (рис. 16). Это достигается применением различных устройств, способных автоматически выравнивать среднесредностные температуры этих оболочек. Адиабатические биокалориметры при исследовании тепловыделение выделений человека не получили широкого распространения по ряду причин. Одна из них следующая: для точного отчета повышения температуры человека интервал времени после начала опыта должен быть большим, что приводит к перегреву организма человека.

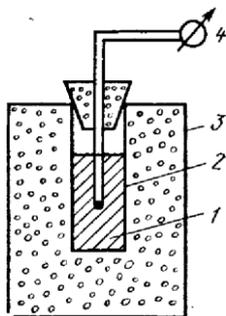


Рис. 16. Схема адиабатического биокалориметра:

- 1 – объект исследования; 2 – оболочка рабочей камеры;
- 3 – внешняя оболочка; 4 – измерительное устройство

В компенсационных биокалориметрах достигается высокая чувствительность при измерении теплопродукции живого организма. В них

применяются два одинаковых, термически симметричных калориметра (рис. 17). В один калориметр помещают биологический объект, в другой – источник физической природы, основанный, например, на эффекте Джоуля. Процесс измерения регулируется таким образом, чтобы разность термоЭДС между рабочей и контрольной термоэлементами равнялась нулю. Преимущество применения компенсационных биокалориметров – отсутствие в исследованиях таких трудоемких операций, как калибровка и учет тепловых потерь вследствие теплообмена калориметра с окружающей средой. Однако препятствиями для использования компенсационных биокалориметров являются сложность и высокая стоимость их изготовления, обеспечение идентичности условий теплообмена и др. В этой связи существенным вкладом в совершенствование биокалориметрической техники служит разработка градиентного и динамического биокалориметров.

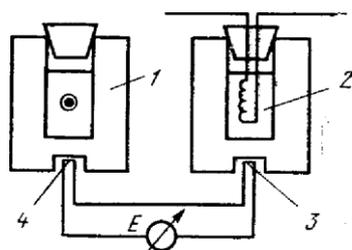


Рис. 17. Схема компенсационного биокалориметра:
 1 – рабочий калориметр; 2 – контрольный калориметр;
 3 – контрольная термоэлектрическая батарея;
 4 – рабочая термоэлектрическая батарея

В градиентном биокалориметре внутренняя поверхность камеры покрыта тонким равномерным слоем изолирующего материала. При этом градиент температуры внутренней и наружной поверхности слоя пропорционален скорости проведения тепла от любого тела, находящегося в калориметрической камере. Переход от одного уровня теплоотдачи к другому приводит к быстрому повышению или понижению градиента. Градиент температуры и скорость его изменения зависят от толщины изолирующего слоя. Среднее значение температурного градиента независимо от размера, формы и расположения источника тепла и путей потери его организмом (испарением, проведением, излучением). Схематичное изображение градиентного биокалориметра приведено на рис. 18.

Материалы, применяемые в качестве градиентного слоя, разнообразны: целлофан, стеклоткань, синтетическая ткань. Чувствительными элементами датчиков теплового потока живого организма являются

дифференциальные термопары. Метод градиентной биокалориметрии требует однородности градиентного слоя вне зависимости от геометрической формы устройства, высокой чувствительности датчиков и малой инерционности. Эти требования предопределяют наличие большого (от 10 до 100 тыс.) числа термопар, расположенных равномерно на стенках оболочек биокалориметра, что ведет к его усложнению.

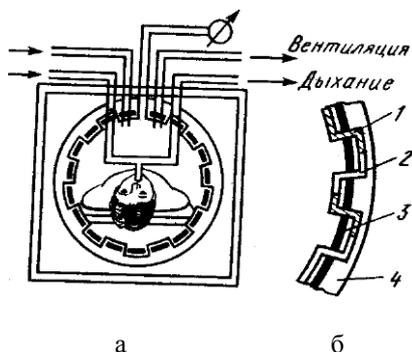


Рис. 18. Градиентный биокалориметр:

а – общая схема установки; б – схема градиентного слоя; 1 – медь; 2 – константан; 3 – градиентный слой; 4 – металлическая оболочка

Динамические биокалориметры (осциллографы) позволяют производить быстрые измерения тепловых эффектов, адекватных изучаемым физиологическим процессам. Сущность метода измерения заключается в том, что количество тепла, воспринимаемое оболочкой калориметра за определенный интервал времени, и количество тепла, которое оболочка калориметра передаст во внешнюю среду, уравниваются количеством тепла, выделяющимся в рабочей камере за это время.

Конструкции динамических биокалориметров снабжены системой вентиляции, газового анализа и термостатирования рабочего объема камеры. Они позволяют с большой точностью (до 2%) проводить биоэнергетические эксперименты в интервале температур 4–40°C, обладают высокой чувствительностью и малой инерционностью. Для измерения температуры тела биологических объектов используются термопары (от 3 до 6 шт.).

Прямые калориметрические измерения обеспечивают точные и надежные результаты, дают возможность проводить физиолого-гигиенические исследования в широком диапазоне изменения параметров окружающей среды. Однако рассмотренные выше биокалориметры представляют собой герметичные камеры, рабочий объем которых зависит от размеров и характера движений исследуемого биологического объекта.

Применительно к исследованиям человека, находящегося в покое (например, в положении лежа), объем камеры составляет 2 м^3 , а в случае выполнения физической нагрузки – в несколько раз больше. Поэтому термическая инерционность таких систем велика (значительна объемная теплоемкость системы, плохая теплопроводность рабочих сред) и измеряется десятками минут, часами. В результате исследования в таких калориметрических системах проводятся в течение длительного времени. Новое поколение калориметров – это носимые биокалориметры (НБК), обеспечивающие калориметрические исследования человека непосредственно в ходе его жизнедеятельности. В зависимости от среды обитания НБК подразделяются на наземные, высотные и подводные (схема 2).

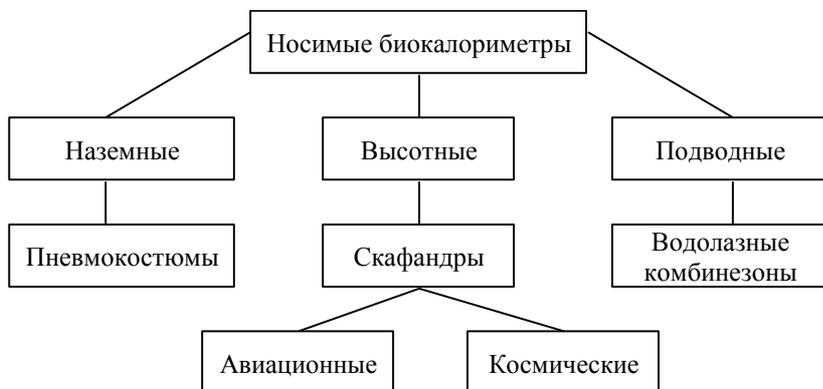


Схема 2. Классификация носимых биокалориметров

Вредные факторы окружающей среды (температура, химические и радиоактивные вещества, движение) определили виды биокалориметров: пневмокостюмы, водолазные комбинезоны, скафандры авиационные и космические. Конструкция перечисленных биокалориметров при сохранении эффективной защиты от вредных факторов среды обитания человека (повышенного и пониженного барометрического давления, высоких и низких температур, радиации, воздействия химических веществ и др.) обеспечивает измерение показателей теплового состояния человека.

Все носимые биокалориметры изолирующего типа содержат герметичную оболочку, разделяющую внутреннюю и внешнюю среды и близкую по конструкции к антропометрическим данным человека; поверхность гермооболочки термоградиентного слоя – измеритель теплопередачи через эту оболочку; устройства, обеспечивающие калориметрирование текучих рабочих сред (жидкости, газа) в системах охлаждения и вентиляции изделий; систему отбора проб для анализа газа в свободном объеме носимого биокалориметра, а также вдыхаемого и выды-

хаемого человеком газа. По конструктивным различиям носимые биокалориметры делятся на наземные НБК-1, высотные НБК-2 и подводные НБК-3.

В наземных носимых биокалориметрах внешняя (гермосиловая) оболочка вследствие малых перепадов давления между внутренней и наружной средой выполняется в виде тонкого монослоя из специального материала. Такой материал защищает организм человека от различных вредных (химических, радиоактивных и др.) воздействий. При малом избыточном давлении газа в подкостюмном пространстве у человека сохраняется хорошая подвижность.

В высотных носимых биокалориметрах (авиационных и космических) предъявляются высокие требования к герметичности и силовым свойствам оболочек. При больших перепадах давлений между внутренней и внешней средой эти требования входят в противоречие с другим важным требованием – обеспечение высокой подвижности при выполнении человеком работ в специфических условиях обитания. Современные авиационные и космические скафандры разнообразны. Известны конструкции мягких и жестких скафандров.

Подводные носимые биокалориметры предназначены для исследования тепловых эффектов в условиях воздействия высоких давлений окружающей водной среды и низкой температуры. В настоящее время наиболее широко применяются для эксплуатации и физиолого-гигиенических экспериментов носимые биокалориметры НБК-1 и НБК-2.

7.3. Методы исследования тепловыделений человека

Один из важных параметров, характеризующих тепловое состояние человека, – количество его тепловыделений. Тепловыделения человека используются при расчетах теплозащитных свойств одежды и оценке одежды в целом. Одним из наиболее распространенных методов определения тепловыделений является метод взвешивания. Метод (по аналогии со средневзвешенной температурой кожи) заключается в измерении локальных тепловыделений q_{S_i} и последующем расчете тепловыделений q_S с помощью эмпирически найденных коэффициентов взвешивания b_i . Например, по данным Н.К. Витте, уравнение для расчета имеет вид

$$\overline{q_S} = \sum_{i=1}^n b_i \overline{q_{S_i}} = 0,24\overline{q_{S_1}} + 0,25\overline{q_{S_2}} + 0,2\overline{q_{S_3}} + 0,18\overline{q_{S_4}} + 0,07\overline{q_{S_5}} + 0,06\overline{q_{S_6}},$$

где $\overline{q_{S_1}}, \overline{q_{S_2}}, \overline{q_{S_3}}, \overline{q_{S_4}}, \overline{q_{S_5}}, \overline{q_{S_6}}$ – тепловыделения соответственно от груди, спины, голени, бедра, лба, кисти.

Средневзвешенный тепловой поток можно рассчитать по 11-точечной системе П.В. Рамзаева с учетом доли поверхности каждой области

тела (коэффициентов взвешивания). При оценке некоторых видов специальной одежды, когда возможен сложный теплообмен и неравномерное распределение температуры в подкостюмном пространстве, метод взвешивания не позволяет получить надежных результатов. В подобных случаях измерение тепловыделений производится с помощью тепломерной одежды, чувствительные элементы в которой равномерно распределяются по всей поверхности тела человека.

Принцип действия тепломерной одежды основан на термо-градиентном эффекте, согласно которому измеряется разница температур на различных сторонах градиентного слоя:

$$q_s = K_s(t_s - t_o),$$

где K_s – коэффициент пропорциональности, определяемый при градуировке тепломерной одежды;

t_s, t_o – и температура поверхности и температура граничного к телу человека слоя газа.

Наибольшее распространение в исследованиях теплосъема испарением получили методы колориметрический, гальванометрический, взвешивания и др.

Колориметрическим методом определяют интенсивность потоотделений по степени изменения цвета ряда химических веществ (лакмусовой бумаги, соединений газа, касторового масла и др.). Гальванометрическим методом количество выделившегося пота определяют как функцию изменения электропроводности кожи в зависимости от состояния потовых желез. Электрическое сопротивление более 500 кОм соответствует сухой коже, 500–2000 кОм – переходу из зоны среднего увлажнения кожных покровов в зону очень легкого увлажнения. Электрическое сопротивление менее 500 кОм свидетельствует о заметном увлажнении кожных покровов. По данным З.С. Чубаровой, при сравнительной оценке специальной одежды, изготовленной из тканей с различным вложением лавсана (от 20 до 70%), и изделиях из ткани с увеличением вложения лавсана в области груди наблюдается повышение увлажнения кожи.

Наиболее доступный из методов – взвешивание человека до и после эксперимента. Разность между массами человека до и после опыта позволяет определить влагопотери.

Перечисленные методы обладают рядом недостатков. Колориметрический метод обладает невысокой точностью, статичностью, искажает картину процесса потоотделений в зоне контакта индикатора и поверхностью кожи. Гальванометрическим методом информацию о потоотделении получают с локальных участков тела, а при использовании метода взвешивания в зависимости от задач исследования возможны перерывы в выполнении физической работы испытуемым.

Рассмотренные методы определения потоотделений человека чаще всего используются при оценке бытовой и некоторых видов специаль-

ной одежды. Для определения влагопотерь человека в средствах индивидуальной защиты эти методы малопригодны. Биовлагомерные устройства, исключая непосредственный контакт чувствительных элементов с поверхностью кожи человека и позволяющие исследовать влаговыделения непосредственно в ходе жизнедеятельности человека, в этом случае наиболее перспективны.

Другой метод, применяемый при оценке влагопотерь человека в средствах индивидуальной защиты, основан на измерении за время Δt приращения влагосодержания $\Delta \alpha$ сушильного агента (газа), вентилирующего подкостюмное пространство НБК-1 или НБК-2 и функционально связанного с интенсивностью выделения влаги Δj_s :

$$q_e = r \Delta j_s M r = r \Delta \alpha G r \Delta t \cdot 10^{-3},$$

где q_u – количество тепла, отдаваемого в процессе испарения влаги;

r – скрытая теплота парообразования;

$M r$ – масса тела человека;

$G r$ – расход газа.

При использовании в НБК системы терморегуляции, включающей в себя термометры, гигрометры и расходомеры, правую часть уравнения выражают через относительную влажность газа (%) и температуру газа (°C) на входе и выходе НБК. При таком подходе метод позволяет измерять потоотделения и теплоотдачу организма испарением, а также одновременно стандартизировать параметры микроклимата подкостюмного пространства.

Методы калориметрии в средствах индивидуальной защиты связаны с разработкой носимых биокалориметров (рис. 19).

Принципиальная схема биокалориметрической системы состоит из систем:

– носимого биокалориметра, включающего в себя костюм, жидкостного охлаждения, магистрали и устройства систем вентиляции, гермосиловую оболочку, термоградиентный слой, электрические коммуникации, фал, снабженный блоками проточных калориметрических устройств;

– автоматизированного измерительного комплекса, который состоит из системы измерения и автоматического сбора и обработки биоэнергетической информации;

– системы обеспечения жизнедеятельности человека, объединяющей стенд микроклимата и систему автоматического регулирования параметров среды обитания человека.

Носимый биокалориметр (НБК) обеспечивает измерение энергозатрат, теплопродукции, тепловыделений и параметров структуры теплового баланса человека в различных условиях деятельности его в средствах индивидуальной защиты.

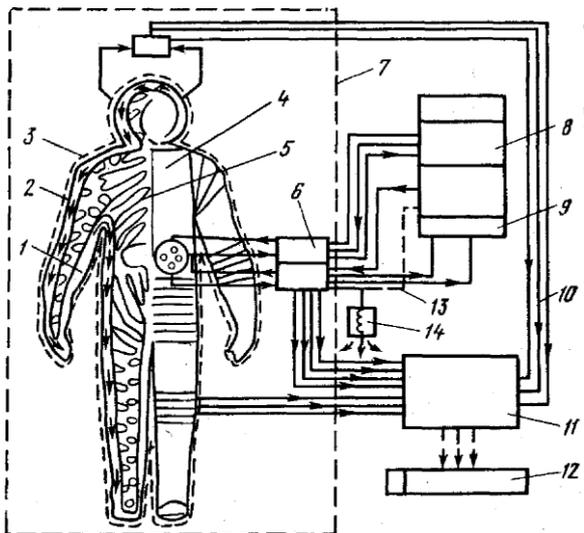


Рис. 19. Принципиальная схема биокалориметрической системы:

- 1 – газовая среда; 2 – гермосиловая оболочка;
- 3 – термоградиентный слой; 4 – носимый биокалориметр;
- 5 – костюм жидкостного охлаждения;
- 6 – проточные калориметрические устройства;
- 7 – термобаровлагокамера; 8 – система жизнеобеспечения;
- 9 – система автоматического регулирования среды обитания человека;
- 10 – электрокоммуникации; 11 – измерительный комплекс;
- 12 – система автоматической биокалориметрической информации;
- 13 – гидро- и пневмокоммуникации;
- 14 – регулятор избыточного давления

7.4. Методы определения микроклимата под одеждой

Микроклимат под одеждой оценивается рядом показателей: температурой и влажностью воздуха, содержанием в нем углекислого газа. Температуру воздуха под одеждой (между телом и одеждой) и в ее слоях измеряют с помощью термопар и термометров сопротивления металлических и полупроводниковых (например, ММТ-1, ММТ-4, ММТ-6, КМТ-1, КМТ-12 и др.).

Число и топографию точек измерения температуры воздуха под одеждой выбирают в зависимости от задач исследования. В условиях нагревающей среды температуру воздуха под одеждой обычно измеряют в области спины и груди. В условиях охлаждения с целью определе-

ния теплозащитных функций различных предметов одежды целесообразно измерять температуру в области груди, спины, поясницы, плеча и бедра.

В условиях нагревающего микроклимата по температуре пододежного пространства можно судить о преимуществах и недостатках одежды той или иной конструкции, о правильности выбора материалов для ее изготовления. По данным, при сравнительном анализе температуры воздуха на различных участках под одеждой рабочих стекловаренной промышленности (при температуре воздуха в рабочей зоне 40°C, интенсивности лучистого тепла около 12,56–10⁴ Вт/м²) наблюдается снижение этого показателя при использовании костюмов с системой воздушного охлаждения по сравнению с показателем при использовании костюмов без нее. Это свидетельствует об уменьшении тепловой нагрузки на организм человека. Температура пододежного пространства является наглядным показателем при оценке эффективности применения конструктивных элементов, обеспечивающих вентиляцию этого пространства в одежде для защиты от пониженных температур. Например, наличие вентиляционных отверстий на боковых участках куртки практически не отражается на средней температуре пододежного пространства в области туловища. Вентиляционные отверстия в нижней части куртки снижают температуру пододежного пространства на 4°C при скорости ветра 5 м/с.

Влажность воздуха под одеждой измеряется методами, основанными на физических явлениях, происходящих с некоторыми веществами в присутствии влажного воздуха. Эти явления определяют и названия методов измерения влажности воздуха; электропсихрометрический, сорбционный и т.д.

Электропсихрометрический метод. Этот метод основан на измерении температуры сухим и влажным термометрами, помещенными в пододежное пространство. В качестве датчиков этих приборов используются полупроводниковые термометры сопротивления – термисторы, которые закрепляются в устройствах из органического стекла. Термистор увлажняется через специальное отверстие устройства, заполненное гигроскопической ватой, содержащей влагу. Многоканальные приборы, основанные на электропсихрометрическом методе, позволяют измерять влажность воздуха на нескольких участках пододежного пространства.

Необходимость частого смачивания одного из термоэлементов, искажение микроклимата пододежного пространства не обеспечивают получения надежных и точных данных о влажности воздуха под одеждой и ограничивают широкое использование этого метода.

Сорбционный метод. Данный метод основан на использовании свойств гигроскопических тел, состояние которых зависит от количества поглощенной влаги. В зависимости от влажности воздуха гигроскопич-

ные тела поглощают разное количество влаги и вследствие этого изменяют, например, электропроводность и другие свойства.

В гигрометрах, основанных на изменении электропроводности некоторых материалов в зависимости от изменения влажности окружающего их воздуха, в качестве чувствительного элемента применяются влагочувствительные пленки. Электролитический гигрометрический датчик может представлять собой цилиндр из органического стекла диаметром 14 мм, покрытый влагочувствительной пленкой из поливинилбутираля с солью лития. На цилиндр наматывается платиновая спираль из пары не соединенных между собой проводов. Такой датчик подключается в схему неравновесного моста и размещается под одеждой. Изменение влажности воздуха под одеждой передается на регистрирующее устройство. Для измерения влажности воздуха между телом человека и отдельными слоями пододежного пространства могут применяться гигрометры с подогревными датчиками.

Принцип действия подогревных электролитических датчиков основан на зависимости максимальной упругости водяного пара над поверхностью насыщенного раствора гигроскопической соли от температуры. Влагочувствительным элементом у электролитических подогревных датчиков является насыщенный водный раствор соли, покрывающий поверхность чувствительного элемента термометра. Состояние равновесия влажности пододежного воздуха и окружающей среды достигается изменением температуры чувствительного элемента, которая характеризует влажность пододежного воздуха. Основную характеристику датчиков, зависимость равновесной температуры от влажности измеряемой газовой среды получают на основании специальных номограмм.

С помощью цветowych гигрометров влажность воздуха под одеждой измеряют визуальным путем. Полоски бумаги или ткани, пропитанные специальным раствором, изменяют свой цвет в зависимости от влажности воздуха; этот цвет сравнивается с цветовой шкалой. Цветовые гигрометры просты и дешевы, однако обладают большой инерцией (требуемое время измерения от 30 мин до 2 ч).

Для определения температуры и влажности воздуха под одеждой используются датчики, действующие по принципу мало-инерционного термометра. Работа прибора основана на свойствах полупроводникового микротерморезистора и гиристора изменять проводимость при изменении температуры и влажности воздуха под одеждой. Динамику влажности воздуха под одеждой можно проследить, измеряя влажность воздушных прослоек в одежде. По этой динамике можно судить о способности одежды благодаря ее конструкции и материалам, из которых она изготавливается, передавать влагу с поверхности тела в окружающую среду. При сравнительной оценке одежды лучшей будет та, в которой скорость нарастания влажности воздуха под одеждой будет меньше. Содержание углекислого газа под одеждой определяют методом кар-

боксидометрии, в основе которого лежит поглощение углекислого газа химическими веществами.

Для газового анализа пододежного воздуха может быть использован метод газовой хроматографии. Количество углекислоты в пододежном воздухе зависит от температуры, влажности окружающего воздуха, толщины пакета одежды, гигиенических свойств материалов, уровня энерготрат, конструкции одежды. По содержанию углекислоты под одеждой оценивают вентилируемость одежды, под которой понимают обмен воздуха в ее порах, прослойках и пододежном пространстве. Вентилируемость одежды может быть определена по величинам абсолютной влажности пододежного и окружающего воздуха и количеству влаги, удаленной из-под одежды путем вентиляции.

Скорость движения воздуха при исследованиях одежды определяют с помощью анемометров. Измерение скорости движения воздуха под одеждой позволяет получить данные, основанные на сравнении степени замкнутости пододежного пространства в спецодежде различных видов и оценке эффективности использования в конструкции одежды вентиляционных отверстий и устройств. По данным ЦНИИШПа, при исследовании эффективности устройств с конвективным охлаждением в спецодежде для работы в условиях нагревающего микроклимата скорость движения воздуха под одеждой регистрировалась в нескольких точках. В результате исследования установлено, что скорость движения воздуха под одеждой при одном и том же расходе подаваемого воздуха колеблется от 0,1 до 1,5 м/с в зависимости от степени прилегания одежды к телу, места расположения вентиляционных отверстий, количества и величины естественных зазоров в одежде.

7.5. Оценка работоспособности человека

Для оценки конструкции одежды, режимов ее эксплуатации, воздействия на организм неблагоприятных факторов внешней среды исследуют работоспособность человека (ГОСТ 12.4.061-88 «Работоспособность человека в средствах индивидуальной защиты»).

Работоспособность человека определяют на специальных стендах-имитаторах, где испытуемый выполняет различные движения, характерные для изучаемых рабочих операций многих профессий. При этом исследуют гемодинамику человека, устанавливают выносливость мышц к различным статическим и динамическим нагрузкам, состояние центральной нервной системы.

Наиболее полно выявляется влияние изучаемых условий на работоспособность человека при выполнении им движений в сочетании с дозированной физической нагрузкой различной тяжести и продолжительности.

О гемодинамике судят по частоте сердечных сокращений, величине и характеру восстановления частоты этих сокращений после дозированных физических нагрузок. Оптимальное физиологическое состояние человека характеризуется следующей частотой сердечных сокращений, ударов в минуту: в состоянии покоя 50–75; при легкой работе – 90–100; при работе средней тяжести 110–120; при тяжелой работе 130–140.

Величина и характер восстановления частоты сердечных сокращений после выполнения физической работы коррелируются с субъективной оценкой человеком удобства конструкции, ее массы и др.

Исследование умственной работоспособности и состояния центральной нервной системы позволяет установить изменения в характере выполнения движений еще до появления у человека ощущения мышечной усталости и изменений в сердечно-сосудистой системе. Правильность координации движений человека определяется с помощью координаторной пробы на координатометре.

Для оценки двигательных функций применяют методы динамометрии, с помощью которых определяют показатели мышечной силы и мышечной выносливости: максимальное мышечное усилие M_{max} , мышечное усилие до начала физической работы M_1 и после ее окончания M_2 . Мышечное усилие правой и левой руки до и после опыта определяют ручным динамометром. За показатель выносливости кисти руки принимают усилие, которое фиксируется после того, как кисть в течение 1 мин выдерживает 2/3 своего максимального мышечного усилия. Коэффициент мышечной выносливости K рассчитывают по формуле

$$\hat{E} = (\dot{I}_1 - \dot{I}_2) / (2\dot{I}_{max}).$$

При оценке работоспособности человека большое значение имеет выбор физической нагрузки: ее тяжести, характера и режима выполняемой работы. Этот вопрос широко освещен в литературе. Наиболее распространено задание дозированной нагрузки на велоэргометре и беговой дорожке, с помощью «степ-теста». На велоэргометре испытуемый работает руками и ногами. В «степ-тесте» дозированной нагрузкой являются подъем на ступеньку и подъем груза на определенную высоту.

Важен и сложен вопрос выбора режима выполняемой работы. Наилучшей физической нагрузкой является непрерывная работа в течение определенного времени или до отказа от работы. Однако в гигиенических исследованиях такой режим работы не всегда применим. Это связано с тем, что отказ от работы может наступить не только вследствие неблагоприятного действия одежды. Кроме того, работа человека на производстве без перерыва в течение длительного времени – редкое явление. В гигиенических исследованиях часто используют следующий режим: 40 мин – работа, 20 мин – отдых.

В процессе трудовой деятельности на человека воздействует множество факторов, которые воспринимаются рецепторами кожи. С помощью одних из рецепторов человек ощущает давление одежды на тело. Чувствительность этих рецепторов на механические раздражения определяется как минимальное давление, необходимое для возникновения ощущения. Это давление колеблется в широких пределах в зависимости от участков кожи (на губах, спине, животе и др.). Для измерения давления одежды используются различные датчики. Наиболее распространены тензометрические датчики, с помощью которых можно определить давление на тело в необходимый момент. Тензодатчики соединены полумостовой схемой с измерительной аппаратурой, которая фиксирует давление. По данным ЦНИИШПа, при исследовании джинсов с применением тензодатчиков среднее давление на тело человека составляло 150–170 кПа, а при исследовании комбинезонов специального назначения – 70 кПа.

Одежда, оказывая в процессе эксплуатации давление на тело человека, не должна вызывать раздражения кожи, наминов, потертостей. При использовании специальной одежды (средств индивидуальной защиты) не всегда удается избежать этих неблагоприятных воздействий. Механические воздействия лицевых частей средств индивидуальной защиты могут вызывать намины трех степеней:

I – ярко-розовая или красная окраска кожи, исчезающая в течение 2–5 мин после прекращения воздействия;

II – темно-красная или багровая окраска кожи, исчезающая в течение 5–20 мин после прекращения воздействия;

III – синюшная окраска кожи с резко очерченными краями, сохраняющаяся более 20 мин после прекращения воздействия. По данным гигиенистов, механическое воздействие на лицевые части не должно вызывать намины III степени. Интенсивность выделения материалами одежды раздражающих веществ и неприятных запахов рекомендуется относить к группам 1–5, Группе 1 соответствует резкий запах, группе 2 – сильный, 3 – слабый, группе 4 – едва ощутимый. В материалах группы 5 запах отсутствует. К изготовлению одежды могут быть допущены материалы, относящиеся по интенсивности запаха к группам 4–5, а в отдельных случаях – к группе 3.

7.6. Методы измерения толщины одежды

Для оценки толщины одежды используют контактные и бесконтактные методы. В контактных методах применяют дуговой контурграф, толстотный циркуль или специально тарированную иглу. Неиз-

бежное давление контактного приспособления на одежду из-за деформируемости материалов и воздушных прослоек между ними приводит к искажению измеряемой величины.

Для измерения толщины одежды перспективны бесконтактные методы: стереофотограмметрии, рентгенографии, радиоэлектронный и др. В методе стереофотограмметрии измерение объекта в натуре заменяется измерением его изображений на фотографических съемках.

Стереофотограмметрический метод обладает рядом преимуществ по сравнению с контактными методами: съемка проекций производится за очень короткий срок (30–40 с), при этом смещение фигуры человека незначительное. Исключаются также погрешности, возникающие при контактных измерениях из-за деформации тканей во время соприкосновения с измерительными устройствами. Однако методом стереофотограмметрии измеряется лишь суммарная толщина одежды. Послойное измерение толщин тканей и воздушных прослоек этим методом невозможно.

Метод рентгенографии основан на способности ткани поглощать рентгеновские лучи. Он позволяет получить на пленке контуры любых сечений тела и одежды. Однако данным методом нельзя определить толщину воздушных прослоек между близко расположенными слоями одежды, так как при этом неизбежны накладывания одних сечений на другие.

Толщину воздушных прослоек в одежде, а также толщину тканей и одежды в целом на манекене и на человеке можно измерять радиоэлектронным методом. Установка для измерения толщины состоит из толщиномера ЭМТ-2М(А) и приспособления для крепления высокочастотного индуктивного датчика. Приспособление обеспечивает возможность перемещения датчика в различных плоскостях и его закрепление в необходимом положении. Диапазон измеряемых толщин 0–20 мм. При измерении толщины одежды свыше 20 мм используется прибор другой модификации, работающий по этому же принципу.

Толщину пакета материалов одежды можно определить оптическим методом. Оптические методы предусматривают измерение перемещений между двумя точками плоскости изображения микроскопа. Они основаны на явлении отражения и преломления лучей света и используются для определения толщины прозрачных материалов, лакокрасочных покрытий пленки и др. Наиболее распространен оптический метод с использованием микроскопа МБС-2.

7.7. Физиолого-гигиеническая оценка одежды в лабораторных условиях

Физиолого-гигиенические экспериментальные исследования одежды проводят в микроклиматических, аэрозольных, термобаро- и других камерах, конструкции которых позволяют моделировать и контролировать метеорологические и специальные параметры внешней среды: температуру, влажность, подвижность воздуха, содержание вредных веществ, изменение давления и др.

На рис. 20 представлена схема одной из микроклиматических камер. Камера разделена герметичными дверями на три части: операторскую, камеру (17 м²) и помещение вспомогательного оборудования. В стенах и дверях камеры имеются иллюминаторы. Температура в камере поддерживается автоматически с помощью электронной системы – реле, которое включают в зависимости от показаний контактных термометров, подвешенных на стенах и в центре камеры.

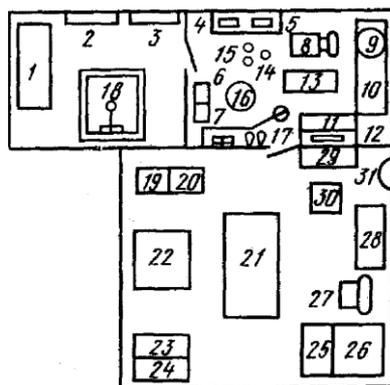


Рис. 20. Схема микроклиматической камеры:

- 1 – шкаф для химических реактивов; 2, 3 – воздуходувки;
- 4, 5, 6, 7 – калориферы; 8 – медицинские весы; 9 – электрометром;
- 10 – источник лучистого тепла; 11, 12, 13 – приспособления для дозирования физической работы; 14 – психрометр; 15 – контактный электрометр; 16 – стул для отдыха испытуемого; 17 – звуковые и световые раздражители; 18 – дуги; 19, 20, 21 – газоанализаторы Белау;
- 22 – газоанализатор Холдена; 23 – прибор для определения влажности пододежного воздуха; 24 – электрометром; 25 – прибор для измерения кровяного давления; 26 – прибор для исследования координации движений; 27 – настольные весы; 28 – распределительные щиты;
- 30 – газовые часы; 31 – реле

Оборудование микроклиматической камеры позволяет создавать и поддерживать в ней температуру воздуха в диапазоне – от +150 до –70°С и относительную влажность до 80%.

Всеми системами управляют автоматически с пульта управления. На пульте оператора размещены измерительные и регистрирующие приборы, а также устройства, обеспечивающие автоматическое поддержание заданного режима в камере. Пульт оборудован системой связи, обеспечивающей переговоры находящихся в камере и оператора. В стенках камеры закреплены герметичные выводы, через которые на регистрирующие приборы выводятся электрические сигналы, полученные посредством датчиков, закрепленных на испытуемых.

В комплект камеры входят электронно-физиологическая аппаратура и автоматические газоанализаторы, обеспечивающие контроль и регистрацию содержания в воздухе углекислого газа и кислорода.

В зависимости от поставленных задач объем проводимых исследований изменяется.

Физиолого-гигиеническая оценка специальной одежды большинства видов проводится в соответствии с существующими методическими приемами исследования бытовой одежды. Приводится также оценка соответствия качества готовой специальной одежды защитным требованиям, предъявляемым к ней. Защитные свойства специальной одежды оцениваются различными методами.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Что изучает дисциплина «Гигиена одежды»?
2. Какова основная гигиеническая функция одежды?
3. Что такое теплопродукция и от каких факторов зависит ее величина?
4. Что такое обмен веществ? Основной обмен?
5. Что такое терморегуляция? Виды терморегуляции.
6. Чем обусловлены физическая и химическая терморегуляция?
7. Что понимается под термином «тепловой баланс» человека?
8. В результате каких процессов в организме человека образуется энергия?
9. Для каких целей необходимы данные о теплообразовании человека?
10. Какими путями человек осуществляет отдачу тепла в окружающую среду?
11. Что понимается под термином «тепловое состояние человека»?
12. Что понимается под термином «пододежный микроклимат»? Каковы его составляющие и параметры?
13. Каковы параметры комфортного микроклимата?
14. Какие общие гигиенические требования предъявляются к любой одежде? Их краткая характеристика.
15. Какими показателями характеризуются теплозащитные свойства материалов и одежды?
16. Какие факторы оказывают влияние на теплозащитные свойства материалов и одежды?
17. В чем состоит сущность расчета теплозащитных свойств бытовой одежды по методу ЦНИИШП?
18. Какие факторы влияют на паро-, воздухопроницаемость одежды?
19. Какова роль покроя изделий в гигиене одежды?
20. Какими показателями характеризуются климатические зоны? Сколько их выделено для целей проектирования одежды?
21. Содержание гигиенических требований, предъявляемых к теплозащитной одежде различных климатических зон.
22. Содержание гигиенических требований, предъявляемых к белью, платью, костюму, пальто.
23. Какова схема рациональной конструкции теплозащитной одежды?
24. Какие требования предъявляются к каждому составляющему теплозащитного пакета?
25. Каковы основные пути совершенствования производства теплозащитной одежды?

26. Какие гигиенические требования предъявляются к одежде для детей?
27. Каким тепловым сопротивлением должна обладать одежда различного ассортимента, для различных климатических зон?
28. Какими гигиеническими свойствами обладает белье?
29. Какими основными гигиеническими свойствами обладают платье, костюм, пальто?
30. Роль конструкции в формировании гигиенических свойств одежды?
31. Каково значение веса одежды в общей ее гигиенической оценке, самочувствия человека и его работоспособности?
32. Какова роль жесткости в формировании гигиенических свойств одежды и, в частности, воздухообмена?
33. Какие факторы оказывают влияние на теплозащитные свойства одежды?
34. Как влияет толщина пакета на теплозащитные свойства одежды? Какова оптимальная толщина пакета?
35. Как влияют воздушные прослойки на теплозащитные свойства и их оптимальная величина?
36. Как влияет скорость движения воздуха и влажность на теплозащитные свойства одежды?
37. Как влияет многослойность пакета на его воздухопроницаемость?
38. Как рассчитывается воздухопроницаемость сложного пакета?
39. Какие средства используются для снижения воздухопроницаемости теплозащитной одежды?
40. Какие конструктивные средства следует использовать для повышения проницаемых свойств пакета одежды, изготовленных из синтетических материалов?
41. Как влияет влажность на проницаемые свойства одежды?
42. Какие основные формулы предложены Г.М. Кондратьевым для теплового расчета одежды? Какие факторы учтены в предложенном расчете?
43. Какие основные недостатки теплового расчета одежды по Г.М. Кондратьеву? Какие методики являются более совершенными?
44. Какие виды спецодежды вы знаете?
45. Каков основной принцип классификации спецодежды?
46. На чем основывается оценка качества спецодежды?
47. Каковы основные показатели качества спецодежды?
48. Что определяют дополнительные показатели качества спецодежды?
49. Требования, предъявляемые к материалам для спецодежды?
50. Виды конструктивных элементов, обеспечивающих защитные функции одежды?

СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Делль Р.А., Афанасьева Р.Ф. Гигиена одежды. – М.: Легпромбытиздат, 1991.
2. Кокеткин П.П., Чубарова З.Ф., Афанасьева Р.Ф. Промышленное проектирование специальной одежды. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.
3. Афанасьева Р.Ф. Гигиенические основы проектирования одежды для защиты от холода. – М.: Легкая индустрия, 1977.
4. Колесников П.А. Основы проектирования теплозащитной одежды. – М.: Легкая индустрия, 1971.
5. Скляников В.П., Афанасьева Р.Ф., Машкова Е.Н. Гигиеническая оценка материалов для одежды. – М.: Легпромбытиздат, 1985.
6. Русинова А.М. Производственная одежда. – М.: Легкая индустрия, 1974.
7. Чубарова З.С. Методы оценки качества специальной одежды. – М.: Легпромбытиздат, 1988.
9. Неверов Н.А. Производство искусственного меха [Электронный ресурс] / Информационный портал легкой промышленности. – Электрон. дан. – М.: ВНИИЛТЕКМАШ, Режим доступа: http://gomel-region.gov.by/gubric/index.php?cat_id=19&lang=tst_rus, свободный.
10. Рябова Е.Ю. Каковы требования потребителя к утепленной одежде? // Ателье. 2006. № 3. С. 14–15.
11. Пальто 2007 // Индустрия моды. 2005. № 4. С. 56–61.
12. Жихарев А.П. Влияние давления на тепловое сопротивление утепляющих материалов для одежды // Швейная промышленность. 2005. № 1. С. 41–42.
13. Бринк И.Ю. Исследование воздействия ветра на пакеты теплозащитной одежды // Швейная промышленность. 2005. № 3. С. 35–36.
14. Зимина А.Ю. Основные и вспомогательные материалы для швейной промышленности. Искусственный мех [Электронный ресурс] / Перспективные технологии и новые разработки. – Электрон. дан. – М.: СибПатент, 2004. – Режим доступа: <http://www.sibpatent.ru/default.asp?code=643300>, свободный.
15. Силаева М.А. Пошив изделий по индивидуальным заказам. – М.: ИРПО: Издательский центр Академия, 2002. – 528 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	1
1. ТЕПЛООБМЕН ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА С ВНЕШНЕЙ СРЕДОЙ И ЕГО ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ	5
1.1. ТЕРМОРЕГУЛЯЦИЯ ЧЕЛОВЕКА	5
1.2. ТЕПЛОПРОДУКЦИЯ ЧЕЛОВЕКА	6
1.3. ТЕПЛООТДАЧА ЧЕЛОВЕКА	7
Потери тепла излучением	8
Потери тепла конвекцией	9
Потери тепла теплопроводностью (кондукцией)	9
Потери тепла дыханием	10
Потери тепла испарением	10
1.4. ДЕФИЦИТ И ИЗБЫТОК ТЕПЛА В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ ТЕМПЕРАТУРНОГО ДИСКОМФОРТА	11
1.5. ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА	13
2. ТЕПЛОВОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА, ЕГО ПОКАЗАТЕЛИ И КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ	16
2.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕПЛОВОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА	16
Температура тела	16
Температура кожи и ее топография	17
Тепловой поток	20
Потоотделение	21
Теплоощущения	22
Реакция сердечно-сосудистой системы на термическое воздействие внешней среды	23
Работоспособность человека	24
2.2. ХАРАКТЕРИСТИКА МИКРОКЛИМАТА, СОЗДАВАЕМОГО ОДЕЖДОЙ	24
Влажность воздуха под одеждой	25
Температура воздуха под одеждой	25
Содержание углекислоты под одеждой	26
Зависимость параметров микроклимата от свойств материалов, конструкции одежды, условий эксплуатации	26
3. ОБЩИЕ ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОДЕЖДЕ	30
3.1. БЕЛЬЕ	31
3.2. ПЛАТЬЯ, БЛУЗКИ И ВЕРХНИЕ СОРОЧКИ	32
3.3. КОСТЮМЫ И ПАЛЬТО	33

4. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ХОЛОДА	36
4.1. Вид одежды	36
4.2. Степень прилегания одежды.....	37
4.3. Количество слоев одежды	37
4.4. Свойства материалов	38
4.5. Толщина пакетов материалов	39
4.6. Распределение теплоизоляционного материала	39
4.7. Основные этапы проектирования одежды для защиты от холода	40
4.8. Значение метеорологических факторов в теплообмене организма человека	41
5. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОДЕЖДЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ТЕПЛООВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ.....	44
5.1. Влияние нагревающей среды на организм человека	45
5.2. Требования к летней одежде	46
6. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ	51
6.1. Виды конструктивных элементов	52
6.2. Влияние вентиляционных устройств на тепловое состояние человека при повышенной температуре окружающей среды	61
6.3. Влияние вентиляционных устройств на тепловое состояние человека при пониженной температуре окружающей среды	64
7. МЕТОДЫ ФИЗИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ОДЕЖДЫ ...	66
7.1. Методы измерения температуры.....	66
7.2. Биокалориметрия	68
7.3. Методы исследования тепловыделений человека	77
7.4. Методы определения микроклимата под одеждой.....	80
7.5. Оценка работоспособности человека	83
7.6. Методы измерения толщины одежды	85
7.7. Физиолого-гигиеническая оценка одежды в лабораторных условиях	87
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	89
СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	91

