**Киевский Государственный Университет**

**Технологии и Дизайна**

**Р Е Ф Е Р А Т**

**по биомеханике на тему:**

**"Особенности жизнедеятельности организмов.**

**Приближенные тепловые расчёты одежды".**

Киев – 2000

**С о д е р ж а н и е**

1. Особенности жизнедеятельности организмов:

1.1. Теплопродукция организма и органы теплообразования……………2

1.2. Виды теплоотдачи………………………………………………………4

1.3. Система теплорегуляции организма (физическая и химическая)…..9

1. Уравнения теплового баланса организма с окружающей средой. Приближенные тепловые расчеты одежды………………………………10

**І. Особенности жизнедеятельности организмов.**

**1.1. Теплопродукция организма и органы теплообразования.**

Процессы жизнедеятельности человека сопровождаются непрерывным теплообразованием в его организме и отдачей образованного тепла в окружающую среду.

Организм человека – это саморегулируемая система с внутренним источником тепла, в которой в нормальных условиях теплопродукция – количество образованного тепла – равна количеству тепла, отданного во внешнею среду – теплоотдаче. Внутренняя температура тела постоянна благодаря регулированию интенсивности теплопродукции и теплоотдачи в зависимости от температуры внешней среды. А температура кожи человека при воздействии внешних условий изменяется в относительно широких пределах.

Тепловое равновесие между организмом человека и окружающей его средой – это условие комфорта; оно зависит от температуры окружающей среды: стен и поверхностей, окружающих предметов, скорости движения воздуха, влажности воздуха, характера одежды и величины теплопродукции человека. А эта величина, в свою очередь, зависит от возраста, пола человека, его питания, мышечной деятельности и других факторов. Например, с понижением температуры внешней среды, с приемом пищи и следующими за ним процессами пищеварения, при мышечной работе теплопродукция увеличиваются для достижения теплового равновесия с окружающей средой в результате усиления химических реакций обмена.

Количество энергии, расходуемое организмом человека при полном мышечном покое, до приема пищи при полном мышечном покое, до приема пищи при температуре внешней среды, соответствующей минимальной активности механизма терморегуляции, – это основной (стандартный) обмен. Основной обмен, вычисляемый в калориях на единицу веса или единицу поверхности тела, зависит от функционального состояния организма, от пола, возраста, веса. Основной обмен у лиц одинакового пола, роста, веса и возраста приблизительно одинаков и колеблется в 10-15%.

Экспериментально теплопродукцию человека обычно определяют методом калориметрии.

Тепла в организме человека (в клетках) образуется в процессе сложных биохимических реакций (окисление) биологического обмена веществ. Органом теплообразования является весь организм в целом, работающий на основе безусловно рефлекторных механизмов – в состоянии покоя и рефлекторно – при мышечной деятельности.

Теплопродукция и теплоотдача обусловлены деятельностью центральной нервной системы, регулирующей обмен веществ, кровообращение, потоотделение и деятельность скелетных мышц.

**1.2. Виды теплоотдачи.**

Теплоотдача – процесс отдачи тепла организмом человека осуществляется:

* теплопроводностью (кондукцией);
* конвекцией (проведением);
* радиацией (излучением);
* дыханием и испарением пота и влаги в легких.

Некоторое количество тепла затрачивается на нагревание пищи и воды во время пищеварения, нагревание воздуха в легких.

Теплообмен человека при выполнении различных видов физической работы значительно меняется, например, значительно увеличиваются теплопотери испарением.

**Теплопроводность**

Теплопроводностью (кондукцией) осуществляется теплопередача от поверхности тела человека к соприкасающимся с ним твердых твердым предметам или материалам внешней среды.

Перенос тепла в этом случае происходит по Закону Фурье:

***Qконд. = K • F (t1 - t2) • [ккал/ч],*** где

***Q*конд.** – отдача тепла кондукцией;

***F*** – поверхность соприкосновения человека с предметом, *м2*;

***t1*** – температура поверхности тела, *0С*;

***t2*** – температура поверхности тела соприкосновения, *0С*;

***K*** – коэффициент теплопередачи, равный.

***K = 1/(Σ[δ/α]ТК + Σ[δ/α]возд.) • [ккал/м2 • ч • град],*** где

***α***– коэффициент теплопроводности, *ккал/м • ч • град*;

***δ*** – толщина пакета одежды, *м*.

Теплопередача кондукцией через воздух составляет очень незначительную величину, так как коэффициент теплопроводности неподвижно воздуха равен 0,00083 *ккал/см • сек • ч • град.*

**Конвекция**

Конвекцией осуществляется передача тепла с поверхности тела или одежды человека движущемуся около него воздуху. В общем балансе теплопотерь теплопередача конвекцией составляет значительную долю (свыше 25-30%).

Для расчетов теплоотдачи конвекцией можно использовать уравнение Н.К.Витте, основанное на учете охлаждение кататермометра и установленных при этом эмпирических постоянных величин:

***C1 = 0,10 (0,5 + √v) • П • (ТВ - ТП)*** для ***v ≤ 0,6 м/сек;***

***C2 = 0,12 (0,273 + √v) • П • (ТВ - ТП)*** для ***v >*** ***0,6 м/сек,*** где

***С1, С2*** – теплоотдача конвекцией;

***v*** – скорость движения воздуха, *м/сек*;

***П*** – поверхность тела человека, участвующая в теплообмене, *м2*;

***Тв*** – температура воздуха, *0С*;

***Тп*** – температура (средняя) поверхности кожи, *0С*.

**Радиация (излучение)**

Теплоотдача радиацией – это передача тепла в форме лучистой энергии с поверхности тела человека на окружающие поверхности, имеющее более низкую температуру, или в окружающее пространство. Количество тепла, отдаваемого излучением, зависит от температуры поверхности тела (одежды), температуры окружающих тело стен и поверхностей, их способности излучать тепло, величины площади тела и окружающих поверхностей, расстояния и взаимного расположения тела и окружающих его поверхностей. Теплоотдача излучением в состоянии покоя человека составляет 43-50% всей потери тепла.

Излучение человеческого тела характеризуется длиной волны от 5 до 40 мк с максимальной длиной волны (от 5 до 40 мк) в 9 мк, а кожа человека поглощает инфракрасные лучи как абсолютно черное тело. Количество тепла, излученного единицей поверхности тела в единицу времени, определяется по закону Стефана-Больцмана, справедливого только для абсолютно черного и серого тел:

***Qрад = C • Fизл • [(273-tn/100)4 - (273+tо/100)4] • [ккал/ч],*** где

***с*** – коэффициент взаимной радиации, *ккал/м2 • ч • град;*

***F*изл** *–* излучающая поверхность тела человека, *м2*;

***t*п** – температура поверхности тела и одежды, *0С*;

***t*o** –температура окружающих поверхностей, *0С*.

Этот закон показывает, что интенсивность излучения резко возрастает с повышением температуры поверхности тела.

В помещении теплоотдачу радиацией определяют по формуле Н.Витте:

***QР = 0,093 • П • (ТСТ - ТТ) • [ккал/мин],*** где

***Q*р** – теплоотдача радиацией, *ккал/мин*;

***П*** – поверхность тела человека, *м2*;

***Т*ст** – температура стен;

***Т*т** – средневзвешенная температура тела.

В теплообмене человека конвекцией и радиацией принимает участие в среднем 75% всей поверхности тела.

**Испарение с поверхности тела человека**

При испарении пота у организма человека отнимается тепло, являющееся скрытой теплотой парообразования. Процесс теплоотдачи испарением с поверхности кожи и легких человека в условиях комфорта составляет 23-29% всей теплоотдачи.

Количество тепла, отдаваемого с поверхности тела испарением, определяется уравнением:

***Qn = αB • W • F (PK - PB) • [ккал/ч],*** где

***W****F* – часть поверхности тела, покрытая потом, *м2*;

***W*** – коэффициент увлажнения кожи ≈ 0,2-1;

***P*К** – парциальное давление водяного пара в насыщенном воздухе, *мм рт.ст.* над кожей;

***P*B** – парциальное давление водяного пара в окружающем воздухе, *мм рт. ст.;*

***α*B** – коэффициент перехода тепла во внешнюю среду при испарении пота (*ккал/м2 • ч • мм*), для одетого человека αB = 1,25К, где К – коэффициент теплопередачи, для неодетого αB = 10,45 + 8,7*v*, где *v* – скорость воздуха.

Как видно из уравнения, количество испаряющегося пота зависит от скорости движения воздуха, величины поверхности тела, покрытой потом, и от разности парциальных давлений (*P*k - *P*B); которая меняется в зависимости от температуры и относительной влажности воздуха. Интенсивность выделения водяных паров с поверхности кожи человека резко возрастает и при интенсивной мышечной деятельности человека.

При приближенных расчетах считают, что количество тепла, отдаваемого с поверхности кожи испарением, в основном зависит от количества испаренной влаги и от температуры кожи.

**Теплоотдача в процессе дыхания:**

**нагревание воздуха и испарение влаги**

Количество тепла, отдаваемого телом человека на нагревание воздуха в легких, зависит от количества прошедшего воздуха и его температуры при входе и выходе. А количество тепла, отдаваемого на испарение влаги, зависит от количества воздуха, прошедшего через легкие при дыхании и от содержания влаги во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе. Оно определяется по формуле

***Q = 0,001 mp***, где

***р*** – удельная теплота испарения воды, *ккал/ч*;

***m*** – количество влаги, испаренной в легких за 1ч, *ккал/ч*; определяемое разностью содержания влаги во вдыхаемом и выдыхаемом воздухе.

**1.3. Система теплорегуляции организма (физическая и химическая)**

*Терморегуляция* – совокупность физиологических процессов, поддерживающих внутреннюю температуру тела на постоянном уровне.

Теплообразование зависит от интенсивности химических реакций обмена веществ, рост которого при охлаждении тела обеспечивается химической терморегуляцией. А физическая терморегуляция регулирует отдачу тепла организмом посредством физических процессов – теплопроводности, конвекции, излучения и испарения.

Химическая терморегуляция осуществляется изменением интенсивности окислительных процессов, вызванных микровибрацией мышц (колебаниями); а физическая – изменением температуры кожи, благодаря расширению (сужению) кожных сосудов, изменению интенсивности потоотделения и дыхания, являющихся реакцией на изменение температуры внешней среды, влажности воздуха и других факторов. Расширение сосудов кожи и увеличение количества притекающей крови ведет к усилению теплоотдачи, сужение их – к снижению ее.

Терморегуляция происходит рефлекторно благодаря раздражению температурных рецепторов кожи и слизистых оболочек, возникновению нервных импульсов, возбуждающих нервные центры.

**ІІ. УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА ОРГАНИЗМА С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ. ПРИБЛИЖЕННЫЕ ТЕПЛОВЫЕ РАСЧЕТЫ ОДЕЖДЫ**

Основное назначение одежды – это защита организма человека от неблагоприятных воздействий внешней среды (ветер, туман, дождь и др.) и обеспечение теплового комфорта, который является условием нормальной жизнедеятельности человека. Необходимое условие сохранения длительного теплового комфорта – поддержание теплового баланса, который достигается путем терморегуляции организма и применения требуемой для данных условий одежды с искусственно регулируемым микроклиматом пододежного воздуха, характеризующегося температурой и влажностью. Основной же показатель теплового комфорта человека – это средневзвешенная температура поверхности тела (кожи), которая приблизительно одинакова для всех видов деятельности человека (≈330С – для кожи, покрытой одеждой). При этом учитывается, что пододежное пространство систематически вентилируется в связи с выделением кожи человека испарений влаги и углекислоты, которые должны удаляться.

Существуют аналитические методы теплового расчета одежды.

1. В процессе постоянного обмена веществ в организме человека в результате распада сложных химических соединений освобождается энергия. Она превращается в тепловую, электрическую и механическую энергии и обеспечивает протекание всех форм деятельности организма. Исходя из І и ІІ-го законов термодинамики энергетический баланс организма человека может быть описан уравнением:

***M + J = Qрад. + Qконв. + Qисп. + Qдых. + Z,***  где

***M*** – энергия, вырабатываемая в организме человека (теплопродукция), *ккал/час*;

***Z*** – тепло, которое расходуется на механическую работу;

***Q*рад.** – потери тепла радиацией (излучение), *ккал/ч*;

***Q*конв.** – потеря тепла теплопроводностью и конвекцией;

***Q*исп.** – потеря тепла испарением влаги с кожи и верхних дыхательных путей, *ккал/ч*;

***Q*дых.** – потеря тепла на нагрев вдыхаемого воздуха, *ккал/ч*;

***J*** – адсорбция тепла радиацией, *ккал/ч*.

Для расчета средневзвешенной температуры определяют общую поверхность тела, равную сумме поверхностей отдельных его частей методами антропометрии. Наиболее распространенных из них – линейный метод Дюбца: поверхность тела делится на отдельные части – голову, туловище, верхние и нижние конечности, а поверхности этих частей тела производятся по формулам (определяются), выведенным на основании антропометрических измерений человека.

Соотношение поверхности частей к общей поверхности тела:

голова – 7,36% бедро – 20,3%

туловище – 35,5% голень – 12,5%

плечо и предплечье – 13,4% стопа – 6,44%

кисть – 4,5%

Расчет средневзвешенной величины температуры поверхности тела человека осуществляется по следующей формуле:

 n

***tср.взв.к. = Σ • ti • Si/Sобщ. ,*** где

 i

***t*i** – температура в иpмеряемой точке участка поверхности тела;

***S*i** – площадь поверхности данного участка тела;

***S*общ.** – общая площадь поверхности тела.

Для проектирования одежды важным является то, что человек может испытывать комфортные ощущение и при некотором нарушении теплового равновесия. Это результат существования "резерва" тепла организма человека, который используется им в случае охлаждения (1272 - 2448 ккал) и находится во внешних слоях тканей организма, на глубине 2-3 см от кожи. Величина его зависит от веса человека и температуры тела:

***D = CP (0,7tТ + 0,3tК)***

***D*** – дефицит тепла в организме, *ккал*;

***C*** – удельная теплоемкость тела человека, равная в среднем 0,83 *ккал/кг • град*;

***P*** – вес тала человека, *кг*;

***tт*** – температура тела в *0С*;

***tк*** – температура кожи в *0С*.

Расчет радиационно-конвективных теплопотерь и требуемого теплового сопротивления одежды производится по методике ЦНИИШП с учетом величины энергозатрат человека (М), времени пребывания его в заданных метеорологических условиях (τ), температуры окружающей среды (tB), скорости ветра (vB) и воздухопроницаемости одежды.

1. Определяем энергию, затраченную человеком на механическую работу: ***Z = (M - Mосн.) • 10% / 100%;***

2. ***Qисп.=[(M+D/t)-Z] • 20/100% • [(H+D/t) • (M-Mосн.)•10% / 100%] • 20/100%***

3. ***Qисп. = (M+D/t) - Z - Qисп. - Qдых. = Q72М +0,028Мосн. + 0,8D/t - Qдых.***

Зная величину радиационно-конвективных теплопотерь, можно определить плотность теплового потока с поверхности тела человека:

***q = Qрад-конв. / Sобщ.***

Общая площадь тела человека находится как зависимость площади поверхности тела человека от его роста и веса.

Суммарное тепловое сопротивление одежды определяется по формуле:

***Rсум. = tср.взв.к - tB / q***

При этом ввиду того, что тепловое сопротивление одежды падает при повышении скорости ветра, необходимо установить поправку на ветер к Rсум. с учетом воздухопроницаемости материалов одежды.

2) Метод Г.Кондратьева. За критерий комфорта принята средняя температура кожи также.

Учитывая І-ый закон термодинамики, т.е. закон термодинамики – Закон сохранения энергии, тепловой баланс тела человека выражается уравнением: ***M = Q + Q׀ + L + E + A,*** где

***М*** – теплопродукция, *ккал/ч*;

***Q*** – теплоотдача через кожу, покрытую одеждой;

***Q׀*** – теплоотдача через кожу, не покрытую одеждой;

***Е*** – теплоотдача через дыхательные пути;

***L*** – потеря тепла на механическую работу;

***А*** – накопление энергии в виде теплоты в организме (внутри).

Величины Q׀ и А незначительны, поэтому в приближенном расчете исключаются: ***M = Q + L + E***

Величины L и Е составляют некоторые доли от М: L = хМ, Е = уМ, где х,у – правильные дроби, показывающее тепло, теряемое в результате внешней механической работы (х) и при дыхании (у).

Таким образом, получаем полное количество тепла, которое проходит сквозь одежду, т.е.

***Q = М (1 - х - у)***

Полагая, что х≈0,20, у≈0,24 при длительной работе, получим Q=0,56М или Q=qS, где

***q*** – удельный тепловой поток, тепловая нагрузка одежды;

***S*** – поверхность кожи человека, *м2*;

Для наглядности сравним данную тепловую нагрузку одежды (q) с тепловой нагрузкой, соответствующей нормальному тепловому состоянию организма (q0), когда температура воздуха, стен, потолка равна 210С, скорость воздуха 0,1 м/сек, относительная влажность воздуха 40-60%, физические усилия отсутствуют, средняя температура кожи под одеждой t1=330С, тепловое сопротивление воздуха RПо=0,14, т.е. коэффициент теплоотдачи α0=7,15 *ккал/м2 • ч • град*.

***N = q/q0 = Q/Q0*** – показатель тепловой нагрузки выражает, во сколько раз теплопотери кожи под одеждой при данных условиях работы организма больше теплопотери при нормальном состоянии.

Аналогично, ***I - R/R0*** – показатель теплоизоляционной способности данной одежды выражает теплозащитную способность этой одежды по сравнению с той одеждой, в которую одет человек при нормальном тепловом состоянии. Чем больше І, тем теплее одежда. R0 – тепловое сопротивление нормализованной одежды = 0,17 ÷ 0,18 м2 • ч • град/ккал.

Таким образом, величина М определяется видом деятельности человека, а ***N = M (1 - x - y)/Q0 ,*** а при ***(1 - x - y)≈0,56***

 ***N ≈0,78M/100***

 ***Q0 = 72ккал/ч***

Для определенной обстановки работы известны tB – температура внешней среды и α – коэффициент теплоотдачи α от поверхности одежды в окружающую среду. Следовательно, из уравнения находим І, а требуемое тепловое сопротивление одежды по формуле R=0,175 • I.

Проведенный тепловой расчет одежды относится только к установившемуся тепловому режиму организма и стационарным внешним условиям, он исключает период адаптации и относится только к длительной работе, а не к кратким усилиям (длительность исчисляется минутами).

**Л И Т Е Р А Т У Р А**

 1. Р.Г.Рахимов, И.А.Дмитричева. "Гигиена одежды. Лабораторно-практические работы. Методические указания". Киев, 1980.

2. П.А.Колесников. "Теплозащитные свойства одежды". Издательство "Легкая индустрия". Москва, 1965.