

Для полного описания процесса теплоотдачи используется процесс, конвекции  $Q_k$ , излучение  $Q_{изл}$  и испарение  $Q_{исп}$ . Общий поток тепла определяется суммой этих компонентов:

$$Q_{нар} = Q_k + Q_{изл} + Q_{исп}. \quad (2)$$

В представленном исследовании проведена оценка значения теплоотдачи для области голени, бедра, туловища и кисти рук только за счет конвективного теплопереноса.

**Выводы.** Проведены измерения температурных полей и теплоотдачи за счет конвекции в состоянии покоя и после легкой ходьбы для женщин возрастной категории 40-60 лет. Оценка теплоотдачи проводилась в одинаковых температурных условиях окружающей среды, в расчет брался только процесс теплоотдачи. Установлено, что после ходьбы выработка тепла у женщин в возрасте 40-60 лет возрастает в 2,97-3,35 раза в области бедра, в 2,98-3 раза в области голени, 2,03-2,09 раза в области туловища, в 3 раза в области кистей рук.

#### Список литературы

1. Жарнова, О. А. Моделирование теплообмена тела человека с окружающей средой / О. А. Жарнова, Э. А. Быковский, Т. К. Крупская // Культура движения, питания, тела и здоровья в современном обществе : сб. материалов междунар. науч.-метод. конф., Гродно, 3-4 апр. 2025 г. / Гродн. гос. мед. ун-т ; редкол.: П. В. Снежицкий (отв. ред.), В. В. Григоревич, Н. А. Кандараква. – Гродно, 2025. – С. 30-33.

## ТЕПЛОТДАЧА ТЕЛА ЧЕЛОВЕКА ПРИ ГИПОТЕРМИИ И НОРМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Жарнова О.А.<sup>1</sup>, Крупская Т.К.<sup>1</sup>, Мезонова О.Я.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Гродненский государственный университет имени Я. Купалы  
Гродно, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Калининградский государственный технический университет  
Калининград, Российская Федерация

**Актуальность.** Внутри тела человека температура тканей и органов более или менее стабильна и составляет величину от 36,6 до 39 °С, а на поверхности кожи в различных её областях температура довольно разнообразна. Даже в термонеutralной зоне температура кожи в различных областях тела человека может изменяться до 6–8 °С и больше [2, 3, 4]. Температура на поверхности организма определяется как величиной внутренней теплопродукции органов и тканей, так и теплоотдачей во внешнюю среду.

Терморегуляция тела человека является жизненно важной функцией для нормальной работы нервной системы, функции клеток при любом холодовом и тепловом стрессе. Тепло от тела человека отдается за счет конвекции, метаболизма и излучения. Нарушение терморегуляции тела человека и окружающей среды или воздействие экстремальных температур, которые превышают терморегуляторные возможности организма, также могут привести к потенциально опасным для жизни отклонениям от нормы. Такими отклонениями могут быть гипотермия – переохлаждение и гипертермия – накопление избыточного тепла в организме. При гипотермии температура может быть меньше  $20,5^{\circ}\text{C}$ . Гипотермия сопровождается угнетением дыхания, сердечной аритмией, нарушением психической функции и мышечной дисфункцией, которые могут прогрессировать до остановки сердца или комы. Лечение включает в себя меры по согреванию, гидратацию и поддержку сердечно-сосудистой системы. Смертность от гипотермии вдвое выше, чем от гипертермии. Гипертермия, определяемая как температура  $>40,5^{\circ}\text{C}$ , может проявляться потоотделением, приливами, тахикардией, усталостью, головокружением, головной болью, прогрессируя до слабости, мышечных судорог, тошноты, гипотонии, обморока, спутанности сознания. Изменения психического состояния и температуры ядра отличают потенциально смертельный тепловой удар от теплового истощения.

**Методы и организация исследования.** В экспериментальную группу входили лица разных возрастных и половых категорий от 18 до 56 лет. Группы испытуемых были разбиты на две категории: с пониженной и нормальной температурами. При повышенной температуре измерения не проводились, так как они могли быть вызваны инфекционными заболеваниями, а это противоречит этическим нормам. Температурные поля измерялись для области голени, бедра, туловища и кисти рук после того, как группа испытуемых находилась в состоянии покоя около 15 минут, температура окружающей среды была равна  $20^{\circ}\text{C}$ . В обычной клинической практике для измерения температуры тела человека используют неинвазивные методы. Чтобы избежать потенциальной опасности разбитого стекла и жидкой ртути используют наиболее чувствительные датчики температуры, которыми являются термисторы, представляющие собой полупроводники, электрическое сопротивление которых изменяется пропорционально температуре. Другие типы контактных датчиков включают термопары, которые сконструированы с парой разнородных металлических проводов, соединенных на одном конце. Температуру можно также измерить дистанционно с помощью инфракрасного датчика, направленного на поверхность кожи.

Измерения были выполнены бесконтактным инфракрасным термометром модели DT-8806S, предназначенным для измерения температуры

тела человека. Согласно инструкции было указано, что нужно соблюдать дистанцию измерения, равную 5-15 см, и перед использованием инфракрасный термометр необходимо оставить в помещении на 15-20 минут, эти пункты были соблюдены при проведении измерений. Перед измерением температуры у испытуемых убирали волосы и пот с места измерения.

**Цель.** Определить температурные поля тела человека в области голени, бедра, туловища и кисти рук и установить соответствие количества тепла, которое уходит с поверхности за счет конвекции и излучения для групп лиц разных возрастных и половых категорий от 18 до 56 лет.

**Результаты и их обсуждение.**

Используя полученные данные значений температур, были рассчитаны уровни теплоотдачи с использованием уравнения Ньютона-Рихмана:

$$Q = \alpha \times S \times (T_{\text{ч}} - T_{\text{с}}), \quad (1)$$

где  $S$  – площадь поверхности теплообмена для элемента тела человека;

$T_{\text{ч}}$  и  $T_{\text{с}}$  – температуры кожи элемента тела человека и среды соответственно;

$Q$  – теплоотдача от элемента тела человека [1].

Для вычисления значения коэффициента теплоотдачи тканей тела человека  $\alpha$  в случае конвективного теплообмена можно использовать выражение:

$$\alpha = 0,48 \left(\frac{\lambda}{L}\right) Gr^{\frac{1}{4}}, \quad (2)$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности одежды был усреднен для всех типов тканей и равен 0,035, Вт/(м·К);

$Gr$  – число Грасгофа, определялось по формуле:

$$Gr = \beta g / \nu^2 L^4 (t_1 - t_2), \quad (3)$$

где  $\beta$  – коэффициент объемного расширения воздуха равный 0,034 К<sup>-1</sup>;

$\nu$  – коэффициент кинематической вязкости при нормальных условиях и равный 15,05·10<sup>-6</sup> м<sup>2</sup>/с;

$L$  – высота человека от 1,60 до 1,90 м.

В первом приближении можно считать, что для голени и бедра туловища и кисти рук уходит тепло за счет радиационного механизма следующим образом:

$$E_{\text{рад}} = \sigma \cdot S \cdot (T_{\text{ч}}^4 - T_0^4) \cdot k, \quad (4)$$

где  $S$  – площадь исследуемых областей составляла 1 м<sup>2</sup>,

$T_0$  – температура окружающей среды равная 293,15 К.

Коэффициент излучения кожи  $\sigma$  принимался на уровне 0,98. Термограммы снимались в помещении с влажностью 50%. Все оценки проводились одним и тем же экспертом.

Суммарное значение теплоотдачи в области голени, бедра, туловища и кисти рук рассчитываются как сумма всех областей, то есть для области голени, бедра, туловища и кисти рук с учетом конвективного теплообмена и излучения. Необходимо учесть тот факт, что согласно многочисленным данным в норме можно считать, что с дыханием и потом в целом уходит 15–20% тепла от всего количества, вырабатываемого всем организмом [5, с. 283; 6]. Потеря тепла за счет дыхания не учитывалась.

Температурные значения для нормальных значений температур отсчитывались от 305,15К до 307,15К, а для гипотермии от 103К до 147К.

Графики зависимости приведены ниже (рисунки 1, 2):

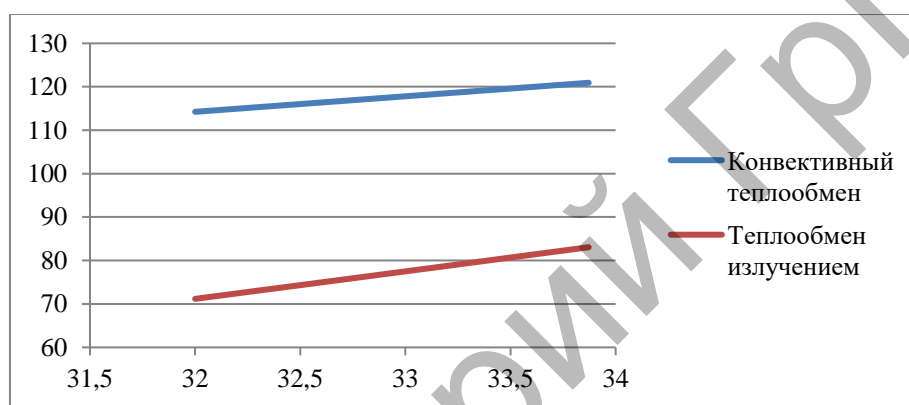


Рисунок 1

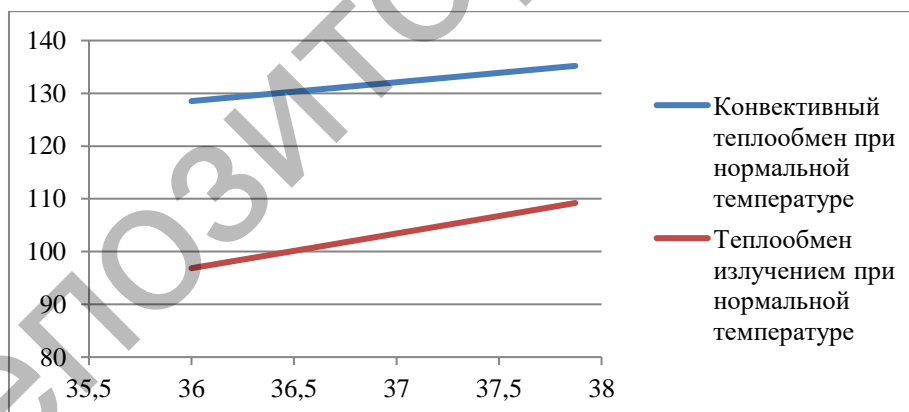


Рисунок 2

Как видно из данных, представленных на рисунках 1 и 2, суммарный тепловой поток с поверхности тела прямо пропорционален температуре тела человека. Причем теплоотдача человека с гипотермией на 11% меньше, чем при гипертермии.

**Выводы.** Проведены измерения температурных полей и теплоотдачи за счет конвекции и излучения, в группу входили лица разных возрастных и половых категорий от 18 до 56 лет. Группы испытуемых были разбиты

на две категории: с пониженной и нормальной температурами, при повышенной температуре измерения не проводились. Установлено, что суммарная теплоотдача за счет конвекции и излучения для испытуемых с гипотермией меньше, чем для испытуемых с нормальным значением температуры.

### Список литературы

1. Жарнова, О. А. Моделирование теплообмена тела человека с окружающей средой / О. А. Жарнова, Э. А. Быковский, Т. К. Крупская // Культура движения, питания, тела и здоровья в современном обществе : сб. материалов междунар. науч.-метод. конф., Гродно, 3-4 апр. 2025 г. / Гродн. гос. мед. ун-т ; редкол.: П. В. Снежицкий (отв. ред.), В. В. Григоревич, Н. А. Кандаракова. – Гродно : ГрГМУ, 2025. – С. 30-33.

2. Басакин, В. И. Возрастные особенности физической терморегуляции / В. И. Басакин // Физиология человека. – 2021. – Т. 7, № 5. – С. 940-942.

3. Лакота, Н. Г. Изучение температурного гомеостаза в реальной и моделируемой невесомости / Н. Г. Лакота, И. М. Ларина // Физиология человека. – 2002. – Т. 28, № 3. – С. 82-92.

4. Слоним, А. Д. Животная теплота и ее регуляция в организме млекопитающих / А. Д. Слоним. – Москва : Изд-во АН СССР, 2015. – 327 с.

5. Начала физиологии / А. Д. Ноздрачев, Ю. И. Баженов, И. А. Баранникова [и др.] ; под ред. А. Д. Ноздрачева. – СПб. : Лань, 2004. – 1088 с.

6. Уэбб, П. Тепловые проблемы подводных погружений / П. Уэбб // Медицинские проблемы подводных погружений / А. Дж. Бахрах, Дж. Б. Моррисон, С. Д. Реймерс [и др.]. – Москва, 2018 – С. 321-359.

## ТЕРМОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕАКЦИИ КОЖИ НА АКТИВНУЮ ФИЗИЧЕСКУЮ НАГРУЗКУ

**Жарнова О.А., Крупская Т.К., Ануфрик С.С.**

Гродненский государственный университет имени Я. Купалы  
Гродно, Республика Беларусь

**Актуальность.** Температура внутренних частей тела лежит в доверительном интервале 35,7–37,3 °С [1], но может значительно отклоняться при воздействии экстремальных условий. Например, самая низкая зарегистрированная температура тела, которую пережил человек, составляет 13,7 °С [2]. Напротив, во время тренировок в жару хорошо тренированные спортсмены могут достигать температуры тела (например, желудочно-кишечного тракта) до 41,5 °С без каких-либо острых или долгосрочных негативных последствий [3]. Температура тела в состоянии покоя также зависит от возраста, пола, этнической принадлежности, температуры окружающей среды, точки росы, времени суток и месяца года [4].