

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА
ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ

Теплотехнічні вимірювання

**ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВТРАТ ЛЮДИНИ ЗА ПОВЕРХНЕВИМИ
ТЕПЛОМЕТРИЧНИМИ ВИМІРЮВАННЯМИ ГУСТИНИ ТЕПЛОВОГО
ПОТОКУ І СКЛАДАННЯ ЕНЕРГОБАЛАНСУ ЛЮДИНИ**

**Навчальний посібник
Лабораторний практикум**

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра
за освітньою програмою «Енергетичний менеджмент та інжиніринг
теплоенергетичних систем»
спеціальності 144 «Теплоенергетика»

Укладачі: В.О. Виноградов-Салтиков, О.І. Єщенко, О.Е. Максименко

Електронне мережне видання

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2022

за поданням Вченої ради Навчально-наукового інституту енергозбереження та енергоменеджменту (протокол № 9 від 26.04.2022 р.)

В посібнику викладена методика практичних вимірювань густини теплового потоку на поверхні тіла студентів з використанням теплотметричних приладів та порівняння визначених тепловтрат зі складеним власним енергобалансом за добовим раціоном харчування. Приділено увагу приладному забезпеченню, теорії теплотметричних вимірювань та можливостями даних вимірювань для можливих визначень теплових втрат та теплонадходжень від різного обладнання та огорожуючих конструкцій. Робота призначена для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Енергетичний менеджмент та інжиніринг теплоенергетичних систем» спеціальності 144 «Теплоенергетика», також буде корисна спеціальностям які розглядають Енергетичний менеджмент в своєму навчанні та у подальшій практичній та науковій роботі.

Реєстр. № НП 21/22-525 Обсяг 2,5 авт.арк.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Проспект Перемоги, 37, м. Київ, 03056
<https://kpi.ua>

Свідectво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

© В.О. Виноградов-Салтиков, О.І. Єщенко, О.Е. Максименко
© КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2022

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Мета та основні завдання роботи	6
2. Основні теоретичні відомості	7
2.1. Температурна та теплова особливість фізіологічних процесів у людини	7
2.2. Опис датчиків густини теплового потоку та методика вимірювань	24
2.3. Метод комбінованого тепломіра	29
3. Методика проведення досліджень та обробка результатів вимірювань	32
4. Вимоги до звіту	35
5. Контрольні питання	35
6. Список рекомендованої літератури	36
Додатки	37
Додаток 1. Енергетична цінність (калорійність) харчових продуктів	37
Додаток 2. Норми фізіологічних добових потреб у харчових речовинах для дорослого населення	43
Додаток 3. Калорійність та окиснюваність основних речовин	44
Додаток 4. Величина теплопродукції людини та деяких теплокровних істот	44
Додаток 5. Добова потреба населення України у мінералах	45
Додаток 6. Добова потреба населення України у вітамінах	46

ВСТУП

Людину з точки зору термодинаміки можна розглядати як відкриту термодинамічну систему, характерною ознакою якої є постійний енергообмін з навколишнім середовищем у вигляді теплової і механічної енергії, а також споживання енергії за рахунок харчових продуктів. Ці процеси взаємозв'язку значно складніші, бо розглядають ще спілкування, обмін інформацією, емоції тощо.

Фізіологія вивчає процеси життєдіяльності людини в цілому та окремих її частин: клітин, тканин, органів, систем тощо. В основі фізіологічних функцій лежить обмін речовин і вищезазначений обмін енергії та інформації. Ознайомлення з основами фізіології людини та знання з правильного раціонального харчування, підтримання здорового образу життя студенти отримали з попередніх курсів «Основи здорового способу життя», «Інженерна екологія».

Основним важливим фізіологічним процесом є енергообмін, який можливо розглянути як баланс між споживаною енергією, яка отримується з їжею і витратами на розумову діяльність та механічну роботу опорно-рухомого апарата і м'язів, яка в подальшому у вигляді теплоти відводиться з поверхні тіла та під час дихання, або тепловтратами.

Вимірювання енергообміну шляхом прямого і непрямого калориметрування є складним і працезатратним завданням. Під час даних вимірювань розглядається певний індивідуум: його стать, вік, статура, стан здоров'я, вид діяльності, емоційний стан, отримане харчування та інше. Крім важливих ознак самої людини необхідно враховувати вплив оточуючого середовища, вплив сонця, вітру, а при знаходженні в приміщенні вплив приладів опалення, або навпаки, протягів з вікна, співпрацю з людьми то що, які врахувати дуже складно. Тому калориметрування можна вважати ідеалізованим визначенням енергообміну.

Енергетичну цінність продуктів харчування можливо визначити з Додатку 1, в якому окремо наведено усереднені складові по воді, білкам,

жирам і вуглеводам. Склад цих компонентів може змінюватись в залежності від умов зберігання, термічного оброблення тощо. Умовним також є кількісне споживання продуктів харчування, особливо для студентів, та вилучена при їх травленні калорійність (з табл. Додатку 2). Але сам розрахунковий метод визначення калорійності спожитих продуктів дозволяє розглянути вживання різноманітних продуктів харчування та можливий підбір і вибір за калорійністю необхідного енергетичного раціону, або оцінити власний раціон.

Втрати в навколишнє середовище складають більшу частину отриманої з їжею енергії і витрачається ця енергія на підтримання постійної температури тіла людини та в результаті тепломасообміну вона віддається довкіллю.

В лабораторній роботі ми акцентуємо увагу на можливості безпосередньо вимірювати тепловиділення людини в навколишнє середовище за допомогою тепломірів — датчиків, які дозволяють вимірювати густину теплового потоку з поверхні тіла людини та які закріплюються на відповідну поверхню тіла.

Прямі вимірювання поверхневих теплових потоків на основі теплометричних засобів дають об'єктивні значення тепловтрат з поверхні на час вимірювання, з врахуванням особливості стану людини та температурних умов навколишнього середовища. А саме зменшення температури та періодичні температурні коливання у навколишньому середовищі, їх контрастність по відношенню до комфортних умов, збільшують енерговитрати, а саме це вихід на холодну вулицю на перерві, перехід із корпусу в корпус та ін.

Основною метою лабораторної роботи є ознайомлення з приладами та методикою вимірювань густини теплового потоку простими теплометричними засобами, проведення розрахунку власних тепловтрат студентами, а також складання балансу енергоспоживання та порівняння отриманих результатів з даними табл. Додатку 2. Отримана інформація та практичні вимірювання датчиками густини теплового потоку дозволять мати навички практичних вимірювань кількісних енергетичних показників - теплової енергії, теплових втрат та теплонадходжень і використовувати ці знання в подальшій роботі в

наступних курсах: «Енергозбереження будівель та споруд», «Енергетичний аудит» та ін.

1. МЕТА ТА ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ РОБОТИ

Мета роботи — розглянути методику вимірювання датчиками густини теплового потоку на відкритих та закритих одежею поверхнях тіла людини за температурних умов аудиторії та вулиці; визначити годинні та добові втрати теплоти в довкілля за рахунок зовнішнього охолодження; визначити площу поверхні тіла; розглянути збільшення і зменшення теплових втрат внаслідок дії нагрівачів та охолоджувачів повітря; зробити розрахунок калорійності продуктів харчування, спожитих за добу; порівняти отримані розрахунки та зробити висновки стосовно балансу споживання енергії та тепловтрат.

Основні завдання роботи:

- ознайомитись з конструкцією тепломірів, вторинних приладів і схемою їх підключення, а також з методикою вимірювань густини теплових потоків на відкритих та закритих поверхнях тіла;
- шляхом прямих вимірювань густини теплового потоку тепломіром визначити середні теплові потоки на відкритих поверхнях тіла: руках (долонях) і обличчі (чоло, щоки), та закритих одежею поверхнях — в області «ядра» (найбільшої температури тіла людини, див. рис.1) в приміщенні та на вулиці;
- розрахувати площу поверхні тіла та врахувати додатковий шар одягу;
- зробити розрахунок годинних та добових втрат теплоти з власної поверхні тіла;
- порівняти їх з втратами, що можливо визначити за рівнянням Дрейера, в якому врахувати поправку на коефіцієнт фізичної активності;
- зробити розрахунок добового споживання продуктів харчування за калорійністю;
- порівняти отримані розрахунки добового енергоспоживання та втрат у довкілля та зробити висновок щодо балансу;

— розглянути вплив теплонадходжень від близького розташуванням опалювальних пристроїв, тепловентилятора, а також охолодження та збільшення тепловтрат від вентилятора, кондиціонера під час їх роботи.

2. ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

2.1. Теплові особливості фізіологічних процесів у людини та температура тіла людини.

Температура тіла людини й вищих тварин підтримується на відносно постійному рівні, незважаючи на коливання температури навколишнього середовища. Ця сталість температури тіла зветься ізотермією. У тілі людини прийнято розрізняти «ядро», температура якого зберігається досить постійною, і «оболонку» з кінцівками, температура яких може істотно коливатися у залежності від температури навколишнього середовища (Рис.1).

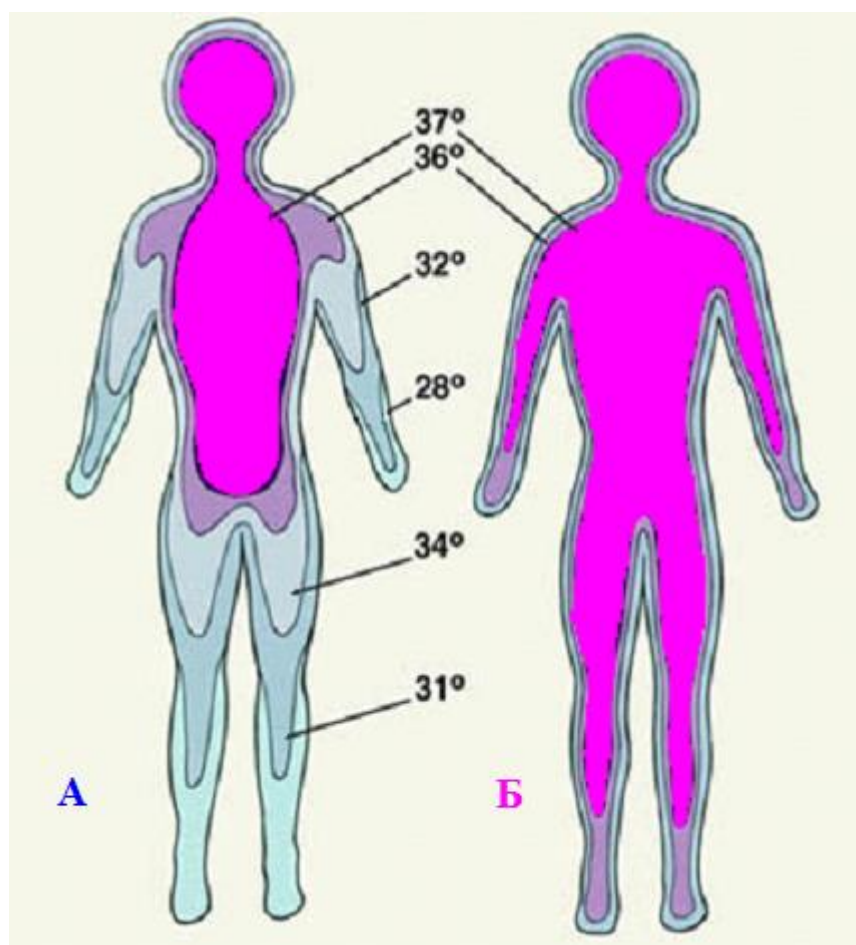


Рис.1. Температура різних областей тіла людини в умовах холоду (А) і тепла (Б). Затемнена область – «ядро» теплоти.

На рис.1. видно, як область «ядра» сильно зменшується при низькій зовнішній температурі й, навпаки, збільшується при відносно високій температурі навколишнього

середовища. Тому справедливо казати про те, що ізотермія властива, головним чином, внутрішнім органам і головному мозку. Температура поверхні тіла та

кінцівок може змінюватися в широких межах в залежності від температури зовнішнього середовища. При цьому різні ділянки поверхні шкіри мають неоднакову температуру. Звичайно відносно вище температура шкіри тулуба й голови ($33\text{—}34^{\circ}\text{C}$), а температура кінцівок нижче, при цьому вона найбільш низька в дистальних — найвіддалених ділянках тіла.

Втрата теплоти органами й тканинами залежить в значній мірі від місця їх розташування: поверхнево розташовані органи, наприклад шкіра, *скелетні м'язи**, віддають більше теплоти й охолоджуються сильніше, ніж внутрішні органи, які мають постійний підігрів зсередини.

Отже, поняття «постійна температура тіла» є умовним. Про температуру тіла людини судять, зазвичай, на підставі її виміру в пахвовій западині, в якій температура у здорової людини дорівнює $36,5\text{—}36,9^{\circ}\text{C}$.

Температура тіла не залишається постійною і протягом доби коливається в межах $0,5\text{...}0,7^{\circ}\text{C}$. Спокій і сон знижують, м'язова діяльність підвищує температуру тіла. Максимальна температура спостерігається о 16–18 годині вечора, мінімальна — о 3–4 годин ранку. У робітників, що довгостроково працюють у нічних змінах, коливання температури можуть бути протилежними.

**М'язи людини* поділяються на 3 типи в залежності від їх будови.

Перша група *м'язів* – *скелетні*, або поперечносмугасті м'язи. Скелетних м'язів у кожного з нас понад 600. М'язи цього здатні довільно, за бажанням людини, скорочуватися і разом зі скелетом утворюють опорно-рухову систему. Загальна маса цих м'язів становить близько 40% ваги тіла, а у людей, що активно розвивають свої м'язи, може бути ще більше. Скорочення м'яза супроводжується зближенням його кінців і кісток, до яких він прикріплюється.

Другу групу м'язів становить серцева поперечносмугаста (покреслена) м'язова тканина (міокард).

І третій тип м'язів, який входить до складу клітин внутрішніх органів, кровоносних судин та шкіри, - гладка м'язова тканина, що складається з характерних м'язових клітин (міоцитів). Повільні і тривалі їх скорочення відбуваються мимоволі, тобто незалежно від бажання людини.

Постійність температури тіла у людини може зберігатися лише за умови рівності теплоутворення й тепловиділення всього організму. Це досягається за допомогою фізіологічних механізмів терморегуляції.

Найбільш інтенсивне теплоутворення в організмі відбувається в м'язах. Навіть якщо людина лежить нерухомо, але з напруженою мускулатурою, інтенсивність процесів окислення, а разом з тим і процесів теплотворення підвищується на 10 %. Невелика рухова активність веде до збільшення теплотворення на 50–80 %, а важка м'язова робота — на 200 – 250 % (див. табл. Додатку 1, 2).

В умовах холоду теплотворення в м'язах збільшується. При охолодженні поверхні тіла рецептори сприймають холодове подразнення і рефлекторно збуджують безладні мимовільні скорочення м'язів, що проявляється у вигляді тремтіння (ознобу). При цьому обмінні процеси організму значно підсилюються, збільшується споживання кисню й вуглеводів м'язовою тканиною, що й спричиняє підвищення теплоутворення. Навіть імітація тремтіння збільшує теплоутворення на 200 %.

Вивільнення енергії в організмі відбувається за рахунок окисного розпаду білків, жирів і вуглеводів, тому всі механізми, які регулюють окисні процеси, регулюють і теплоутворення.

Теплообмін здійснюється *теплопровідністю* через безпосередній контакт шкіри з одягом та з подальшим поширенням за рахунок *конвекції* повітря біля поверхні тіла і *теплого випромінювання* у довкілля. Важливою стороною терморегуляції у людини є можливість збільшення теплообміну за рахунок масовіддачі шляхом випаровування води з поверхні шкіри й легенів.

У людини в стані спокою при температурі повітря близько 20 °С і сумарному тепловиділенні, що дорівнює 70—100 ккал (290 — 419 кДж) за годину, через теплове випромінювання втрачається 66 %, за рахунок випаровування води — 19 % та конвекції — 15 % від загальної втрати теплоти

організмом. При підвищенні температури навколишнього середовища до 35°C тепловіддача за рахунок випромінювання й конвекції стає неможливою, і температура тіла підтримується на постійному рівні виключно за допомогою випаровування води з поверхні шкіри й альвеол легенів.

Для того щоб оцінити значення випаровування в терморегуляції, нагадаємо, що для випару 1 мл = 1 см³ (1 г) води необхідно 2,43 кДж (0,58 ккал). Отже, якщо в умовах основного обміну енергією тілом людини віддається за допомогою випару близько 400–500 ккал (1675–2093 кДж), то з поверхні тіла при незначній фізичній активності (коефіцієнт фізичної активності наведено у Додатку 2) повинно випаритися, приблизно, 700–800 мл води. Із цієї кількості 300–350 мл випаровуються в легенів і 400–500 мл — з поверхні шкіри.

Характер віддачі теплоти тілом змінюється залежно від інтенсивності обміну речовин. При збільшенні теплоутворення в результаті м'язової роботи зростає значення тепломасообмінних процесів, що здійснюються за рахунок випару води. Так, після важкого спортивного змагання, у дослідженні [3] встановлено, що сумарне тепловиділення в середньому склало 2512 кДж (600 ккал) за годину, а саме: 75 % теплоти віддано через випаровування, 12 % — за рахунок випромінювання і 13 % — через конвекцію.

Одяг зменшує тепловтрати за рахунок наявності шару майже нерухомого повітря, що перебуває між одягом і шкірою (слід нагадати, що повітря є поганим провідником теплоти), та створює теплозахисний комфортний прошарок. Теплоізоляційні властивості одягу тим вище, чим дрібніше будуть волокна та більш ворсиста структура тканини, бо порожниста структура між волокнами містить повітря. Цим пояснюються гарні теплоізолюючі властивості вовняного й хутряного одягу. Температура повітря під одягом може досягти 30°C.

Навпаки, оголене тіло інтенсивніше охолоджується, знаходячись під впливом рухомого повітря біля його поверхні, яке відводить теплоту до

навколишнього середовища, також енергія втрачається за рахунок випромінювання у довкілля. Тому температура шкіри оголених частин тіла набагато нижче, ніж закритих.

Відведення теплоти та зниження температури у людини під час перебування у воді значно вище, ніж на повітрі. Це обумовлено тим, що вода, яка має більшу теплоємність й теплопровідність, має і значення коефіцієнту тепловіддачі на порядок більший порівняно з повітрям, при цьому охолодження тіла у воді відбувається у 14 разів інтенсивніше за однакової температури.

Одним із точних методів визначення енерговитрат є калориметрія. **Пряма калориметрія** заснована на вимірюванні кількості теплоти, безпосередньо розсіяної організмом у теплоізолюваній камері. При прямій калориметрії досягається висока точність оцінки енерговитрат організму, однак через складність спосіб використовується тільки для спеціальних цілей.

Непряма калориметрія заснована на визначенні кількості основних продуктів окислення органічних речовин за мірою виділеного CO_2 та інших продуктів розпаду органічних речовин, та за цими даними розрахунку енергетичної цінності сполук їжі з використанням відповідних калорійних коефіцієнтів. За вмістом виділеного із організму CO_2 під час видихання та O_2 , який поглинається під час дихання, можливо оцінити сумарну кількість органічних речовин, окислених в організмі.

Визначення складових за даними методами проводяться в спеціальних лабораторіях та мають науково дослідний характер, а узагальнені результати наводяться у рівняннях та таблицях за розрахунками тепловиділення та енергоспоживання (Додаток 3, 4).

Добові втрати з 1 м^2 поверхні тіла в комфортних умовах за рахунок теплообміну можливо визначити скориставшись *формулою Дрейера*. В цій формулі добові енерговтрати H розраховується в кілокалоріях:

$$H = W/K \cdot A^{0,1333}, \quad (1)$$

де W — маса тіла, кг; A — вік людини, років; K — константа, яка дорівнює для чоловіків 0,1015, а для жінок — 0,1129. Похибка визначення має межі 3—10%.

Під час розумової праці енерговтрати значно нижче, ніж під час фізичної роботи. Складні математичні обчислення, робота із книгою й інші форми розумової праці, якщо вони не супроводжуються рухом, викликають незначне (2—3 %) підвищення витрати енергії у порівнянні з повним спокоєм. Однак у більшості випадків різні види розумової праці супроводжуються м'язовою діяльністю, особливо при емоційному сплеску (при обговоренні наукових та політичних тем, диспуті, при музичному виконанні тощо), тому і енерговтрати можуть бути більшими. Це як і пережитий емоційний стрес, може викликати підвищення енерговтрат на 11—19 % протягом декількох наступних днів.

За фізіологією людини добові енергетичні затрати повинні бути компенсовані енергетичною цінністю добового раціону. Цей раціон у кДж та ккал, представлений за особливістю професії та відповідним коефіцієнтом фізичного навантаження (активності) людини, наведений у табл.1. Детальніша таблиця за віком, статтю та нормою споживання білків, жирів та вуглеводів наведена у Додатку 2.

Таблиця 1.

Енергозатрати в залежності від особливостей професії

Група	Особливості професії	Коефіцієнт фізичної активності	Загальна добова витрата енергії. кДж (ккал)
I	Робітники, що зайняті переважно розумовою працею	1,4	9 799...10 265 (2 100...2 450)
II	Робітники, що зайняті легкою фізичною працею	1,6	10 475...11 732 (2 500...2 800)
III	Робітники, що зайняті працею середньої важкості	1,9	12 360...13 827 (2 950...3 300)
IV	Робітники, що зайняті важкою фізичною працею	2,2	14 246...16 131 (3 400...3 850)
V	Робітники, що зайняті особливо важкою фізичною працею (тільки для чоловіків)	2,5	16 131...17 598 (3 850...4 200)

Для компенсації енерговитрат організму, збереження маси тіла і зростання молодого організму необхідне надходження із зовнішнього середовища білків, ліпідів, вуглеводів, вітамінів, мінеральних солей і води. Їх споживана кількість, властивості і співвідношення повинні відповідати стану організму і умовам його життєдіяльності. Все це досягається шляхом харчування — в процесі переварювання, всмоктування й засвоєння в організмі харчових речовин, які необхідні для покриття *енергетичних, пластичних і біорегуляторних* потреб організму*, утворення фізіологічно активних речовин.

Їжа, що споживається, повинна поповнювати енергетичні витрати людини, які визначаються сумою основного обміну, та витратами енергії на виконання людиною роботи.

Кожний організм поєднує в собі біохімічні ознаки, характерні тільки для нього. Це означає, що немає ідеальної дієти**, навіть при розрахунку для певного віку, статі, кліматичних (зовнішніх) умов, виду трудової діяльності. Кожній людині необхідний індивідуальний набір компонентів раціону***, що відповідає індивідуальним особливостям його обміну речовин.

* Їжа будучи першою життєвою потребою людини виконує ряд функцій, найголовнішими з яких можна назвати три:

1. *Енергетична* — забезпечення організму енергією. Основними джерелами енергії є вуглеводи і жири. Використання поживних речовин йде для забезпечення рухової активності (енергетична функція).

2. *Пластична* — відновлення і синтез клітинних компонентів натомість зруйнованих внаслідок процесів дисиміляції*. Здійснюється завдяки білкам, жирам, вуглеводам і мінеральним речовинам. Використання поживних речовин йде у двох напрямках: для забезпечення зростання і розвитку організму (пластична функція).

3. *Біорегуляторна* — забезпечення і регуляція обмінних процесів в організмі. Ця функція здійснюється завдяки білкам, вітамінам, мікроелементам.

** *Дієта* — раціон і режим харчування.

*** *Раціон* — порція їжі на певний термін.

У раціоні повинні бути збалансовані білки, жири й вуглеводи. Середнє співвідношення їхньої маси становить 1:1,2:4, енергетичної цінності — 15:30:55%. Таке співвідношення задовольняє енергетичні потреби організму і компенсує витрачені білки, жири й вуглеводи. Для населення взимку є рекомендація до вживання білків, жирів і вуглеводів, відповідно 15, 35 і 50% від загальної енергетичної цінності раціону, що становить по співвідношенню 1:2,3:3,3. У цьому співвідношенні збільшена частка енергоємних жирів і зменшена відносна кількість вуглеводів.

Корисні речовини, що містяться в харчових продуктах мають тваринне або рослинне походження, використовуються людиною в натуральному і переробленому виді. *Харчова, біологічна й енергетична цінність продуктів визначається вмістом у них живильних речовин: (білків, жирів, вуглеводів), вітамінів, мінеральних солей, води, органічних кислот, смакових, ароматичних і ряду інших речовин.* Важливі значення мають функції травлення та засвоюваності живильних речовин.

До живильних речовин відносяться білки, жири і вуглеводи, під час окислення яких вивільняється у середньому для жирів — 9,3 ккал/г, або 37 кдж/г, у білків та вуглеводів 4,1 ккал/г, або 17 кдж/г. Згідно з правилом ізодинамії — взаємозамінності поживних речовин у відповідності з їх калорійною цінністю, вони можуть частково взаємно замінятися та задовольняти енергетичні потреби організму. Ця частковість пов'язана з тим, що живильні речовини і їх фрагменти мають специфічні пластичні властивості й властивості біологічно активних речовин, тому ця заміна не може здійснюватися повністю.

Білки займають провідне місце серед органічних речовин, на їх частку припадає більше 50 % сухої маси клітини. Вони виконують ряд найважливіших біологічних функцій. Вся сукупність обміну речовин в організмі (дихання, травлення, виділення) забезпечується діяльністю ферментів, які є білками. Всі рухові функції організму забезпечуються взаємодією скорочувальних білків -

актину й міозину. У зв'язку із цим їжа людини повинна не просто містити достатню кількість білка, але обов'язково мати у своєму складі не менш 30% білків з високою біологічною цінністю, тобто тваринного походження.

Білковий мінімум за добу повинен бути 55...60 г, а для надійної стабільності *азотистого балансу** рекомендується приймати не менш 100 г білка за добу. У дітей, вагітних і жінок, що годують грудьми, ці норми вище (див. Додаток 2).

Біологічна цінність тваринних білків вище, ніж рослинних. Засвоюваність білків тваринного походження становить у середньому 97 %, а рослинних — 83...85 %, але це залежить також і від кулінарної обробки їжі.

Білки в організмі не депонуються, тобто не відкладаються про запас, тому при надходженні з їжею значної кількості білка, тільки частина його витрачається на поновлення клітин та розвиток організму, більша ж частина — на енергетичні цілі.

При білковому голодуванні навіть у випадках достатнього надходження в організм жирів, вуглеводів, мінеральних солей, води й вітамінів відбувається поступово наростаюча втрата маси тіла, за рахунок витрати власних тканинних білків на потреби організму. Крім того тривале білкове голодування в остаточному підсумку, так само як і повне голодування, неминуче приводить до смерті. Особливо важко переносить білкове голодування зростаючий організм, у якого в цьому випадку відбувається не тільки втрата маси тіла, але й зупинка росту, обумовлена недоліком пластичного матеріалу, необхідного для побудови клітинних структур.

* Із поживних речовин тільки до складу білків входить азот. Тому про кількісний бік білкового харчування можна судити за азотистим балансом. *Азотистий баланс* — співвідношення кількості азоту, який надійшов протягом доби з їжею, і азоту, виведеного за добу із організму з сечею, калом і потом в результаті розпаду білка.

Ліпіди (тваринні жири або триглицериди та рослинні олії) надходять в організм людини в складі всіх видів тваринної, а також рослинної їжі, особливо насіння олійних культур (соняшник, кукурудза, льон, гірчиця тощо).

Біологічна цінність харчових ліпідів визначається наявністю в них незамінних жирних кислот, які сприяють переварюванню й всмоктуванню в травному тракті (засвоюванню). Вершкове масло й свинячий жир засвоюються на 93–98 %, яловичий — на 80–94 %, соняшникова олія — на 86–90 %, маргарин — на 94–98 %.

Ліпіди (фосфатиди, стерини, цереброзиди та інші.) об'єднані в одну групу за фізико-хімічними властивостями: вони не розчиняються у воді, але розчиняються в органічних розчинниках (ефір, спирт, бензол і ін.). Ця група речовин важлива для пластичного й енергетичного обміну. Пластична роль ліпідів полягає в тому, що вони входять до складу клітинних мембран і значною мірою визначають їх властивості. Велика енергетична роль ліпідів. Їх енергетична цінність в двічі більше ніж у вуглеводів та білків.

Більша частина жирів в організмі перебуває в жировій тканині, менша частина входить до складу клітинних структур. Загальна кількість жиру в організмі людини коливається в широких межах і в середньому становить 10-20% від маси тіла, а у випадку патологічного ожиріння може досягати навіть 50%.

При збільшеному вуглеводному харчуванні та **у відсутності жирів у їжі синтез жиру в організмі може здійснюватись з вуглеводів**, як взаємозв'язок жирового й вуглеводного обмінів спрямована на забезпечення енергетичних потреб організму. При надлишку вуглеводів у їжі триглицериди депонуються (накопичуються) в жировій тканині, при недостатчі вуглеводів відбувається розщеплення триглицеридів з утворенням жирних кислот, що є джерелом енергії.

Харчові продукти, багаті ліпідами, містять деяку кількість фосфатидів і стеринів. Фізіологічне значення цих речовин визначальне: вони входять до

складу клітинних структур, зокрема клітинних мембран, а також до клітинного ядра і цитоплазми. Фосфатидами особливо багата *нервова тканина**.

Винятково важливе фізіологічне значення мають стерини, зокрема холестерин. Ця речовина входить до складу клітинних мембран, є джерелом утворення *жовчних кислот***, а також гормонів кори надниркових і полових залоз.

Швидкість розпаду глюкози, а також можливість швидкого її вилучення з депо (запас енергії у вигляді жиру) забезпечують екстрену мобілізацію енергетичних ресурсів при стрімко наростаючих витратах енергії у випадках емоційного збудження, при інтенсивних м'язових навантаженнях та інше.

Разом з жирами надходять деякі розчинні в них вітаміни, відсутність яких може стати причиною важких патологічних порушень, які можуть наступити при тривалому (багатомісячному) виключенні жирів з їжі.

Основна роль вуглеводів визначається їх енергетичною функцією. Розщеплюючись до глюкози, вуглеводи всмоктуються у кров, яка транспортує глюкозу до всіх органів і, насамперед, головному мозку, та через ряд проміжних реакцій розпадаються на вуглекислий газ і воду. Під час цього ферментативного розщеплювання і окислення глюкози виділяється енергія.

Основна кількість вуглеводів надходить в організм у вигляді полісахаридів рослинної їжі. Після гідролізу й всмоктування вуглеводи використовуються на енергетичні потреби. У середньому за добу людина приймає 400—500 г вуглеводів, з яких 350—400 г становить крохмаль, 50—100 г моно- та дисахариди. Надлишок вуглеводів депонується (зберігається) у вигляді жиру. При повній відсутності вуглеводів у їжі вони утворюються в організмі із продуктів розпаду жирів і білків.

**Нервова тканина* — складається з нервових клітин (нейронів) і розміщених між ними допоміжних клітин. Нервова тканина здійснює зв'язок організму з оточуючим середовищем, сприйняття і перетворення подразників у нервовий імпульс та передачу його ефектору. Нервова тканина забезпечує взаємодію тканин, органів та систем організму та їх регуляцію.

***Жовчні кислоти* — група стероїдних кислот, що входять до складу жовчі. Сприяють перетравлюванню та всмоктуванню жирів їжі, підсилюють перистальтику кишечника тощо.

В тваринній клітині вміст вуглеводів коливається в межах 1—2%, в рослинній воно може досягати в деяких випадках 85—90% маси сухої речовини.

Тіло людини складається на 60% з води, на 34% з органічних речовин, на 6% — з неорганічних. Основними хімічними елементами, що формують органічні речовини, є вуглець, водень та кисень, крім цього, до складу органічних речовин входять азот, фосфор та сірка. До складу неорганічних речовин тіла людини входять 22 обов'язкових хімічних елементів — кальцій, фосфор, кисень, натрій, магній, сірка, бор, хлор, калій, ванадій, марганець, залізо, кобальт, нікель, мідь, цинк, молібден, хром, кремній, йод, фтор, селен.

Дані хімічні елементи поділяють на макроелементи (масова частка елемента в організмі перевищує 10^{-2} %), мікроелементи (10^{-3} — 10^{-5} %) та ультрамікроелементи (нижче 10^{-5} %).

Вода в організмі людини. Маса дорослої людини, як було відмічено раніше, складається на 60% з води, а немовляти з 75%. Вода є середовищем, у якому здійснюються процеси обміну речовин у клітинах, органах і тканинах. Безперервне надходження води в організм є однією з основних умов підтримки його життєдіяльності. Основна маса (близько 71 %) всієї води в організмі входить до складу протоплазми клітин, становлячи так звану внутрішньоклітинну воду. Позаклітинна вода входить до складу тканинної рідини (близько 21%) і води плазми крові (близько 8%). Баланс води складається з її споживання й виділення. З їжею людина одержує в добу близько 750 мл води, у вигляді напоїв і чистої води — близько 630 мл. Близько 320 мл води утвориться в *процесі метаболізму** під час окислювання білків, вуглеводів і жирів. При випаровуванні з поверхні шкіри й альвеол легенів за добу виділяється близько 800 мл води. Стільки ж води виділяється з організму з спорожненням. Отже, *добова потреба* у воді повинна становити в межах 21—43 мл/кг за масою тіла людини, однак *мінімальне добове* споживання повинна бути не менше 1700 мл води. Недостатній прийом води викликає дегідратацію організму, а смерть настає при втраті 1/3—1/4 загальної кількості

води в організмі. Надлишкове споживання води може привести до водної інтоксикації.

*** Обмін речовин або метаболізм** — сукупність хімічних реакцій, що відбуваються в живих організмах. Метаболізм поділяється на дві гілки: катаболізм (*дисиміляція* або енергетичний обмін), що включає реакції розщеплення складних органічних речовин до простіших і супроводжується їх окисненням та виділенням корисної енергії, та анаболізм (асиміляція або пластичний обмін) — реакції синтезу необхідних клітині речовин, на які використовується енергія отримана у катаболічних реакціях.

Дисиміляція — фізіологічні та біохімічні процеси в організмі, які призводять до розкладу органічних сполук (з вивільненням енергії у вигляді теплоти і у вигляді АТФ) та видалення з організму продуктів цих процесів. Полягає у руйнуванні органічних сполук з перетворенням білків, нуклеїнових кислот, жирів, вуглеводів (у тому числі введених в організм з їжею) в прості речовини з вивільненням енергії.

Надходження води регулюється її потребою, що проявляється почуттям спраги. Це почуття виникає при збудженні питного центра *гіпоталамуса**.

***Гіпоталамус** (Hypothalamus) — відділ проміжного мозку, що виконує функцію мозкового контролю над внутрішніми органами. Є вищим центром регуляції вегетативних функцій організму, місцем взаємодії нервової та ендокринної систем.

Обмін мінеральних солей. *Організм має потребу в постійному надходженні не тільки води, але й мінеральних солей.* Найбільш важливе значення мають натрій, калій, кальцій, які відносяться до *макроелементів*.

Натрій (Na^+) є основним катіоном позаклітинних рідин. Його вміст у позаклітинному середовищі в 6...12 разів перевищує вміст у клітинах. Натрій у кількості 3...6 грамів за добу надходить в організм у вигляді NaCl і всмоктується переважно в тонкому відділі кишечника. Роль натрію в організмі різноманітна. Він бере участь у підтримці рівноваги *кисотно-основного стану (балансу)**, осмотичного тиску позаклітинних і внутрішньоклітинних рідин, бере участь у формуванні *потенціалу дії***, впливає на діяльність практично всіх систем організму.

Калій (K^+) є основним катіоном внутрішньоклітинної рідини. У клітинах утримується 98% калію. Добова потреба людини в калії становить 2—3 грами.

Основним джерелом калію в їжі є продукти рослинного походження. Калій приймає активну участь у регуляції рівноваги кислотно-основного стану. Він є чинником підтримки осмотичного тиску в клітинах.

**Кислотно-основним станом* — називається співвідношення концентрації водневих і гідроксильних іонів у біологічних середовищах. Іони водню створюють кислу реакцію середовища, а гідроксильні іони та інші компоненти — лужну. На сьогодні частіше вживаним терміном є *кислотно-основний баланс*, який за змістом більше відповідає характеристиці ступеня регуляції реакції середовища, оскільки концентрація кислотних і основних компонентів в організмі постійно змінюється.

***Потенціал дії* — по суті це електричний розряд — швидка короткочасна зміна потенціалу на невеликій ділянці мембрани збудливості клітини (нейрона або м'язового волокна), в результаті якого зовнішня поверхня цієї ділянки стає негативно зарядженою по відношенню до сусідніх ділянок мембрани, тоді як його внутрішня поверхня стає позитивно зарядженою по відношенню до сусідніх ділянок мембрани. Потенціал дії є фізичною основою нервового або м'язового імпульсу, який відіграє сигнальну (регуляторну) роль в передачі електричного сигналу клітинами, відіграє певну роль в ініціації м'язового скорочення.

Кальцій (Ca^{2+}) є основним структурним компонентом кісток скелету та зубів, які складаються майже на 99% з нього. За добу доросла людина повинна одержувати з їжею 800–1000 мг кальцію. Велика роль кальцію в життєдіяльності організму. Кальцій бере участь у генерації потенціалу дії, є необхідним компонентом функціонування системи згортання крові, підвищує рефлекторну збудливість спинного мозку.

В організмі значну роль у здійсненні життєдіяльності грають і елементи, що перебувають у невеликій кількості, які називають *мікроелементами*. В організмі людини мікроелементи входять до складу різних біологічно-активних речовин: ферментів (Zn — до карбоангідази, Cu — в поліфенілоксидазу, Mn — в аргіназу, Mo — в ксантиноксидазу; всього відомо біля 200 металоферментів), вітамінів (Co — до складу вітаміну B12), гормонів (I — до тироксину, Zn и Co — до інсуліну), дихальних пігментів (Fe — до гемоглобіну та інші залізовмісні, Cu — до гемоціаніну). Дія мікроелементів, що входять до складу

перерахованих речовин, полягає в зміні інтенсивності тих чи інших процесів життєдіяльності. Деякі впливають на ріст (Mn, Zn, I — у тварин; B, Mn, Zn, Cu — у рослин), розмноження (Mn, Zn — у тварин; Mn, Cu, Mo — у рослин), кровотворення (Fe, Cu, Co) тощо.

Більшість біологічно значущих мікроелементів входить до складу ферментів, вітамінів, гормонів, дихальних пігментів (самоокислюваних сполук, наприклад гемоглобін — дихальний пігмент крові, який виконує в організмі роль переносника кисню і бере участь у транспортуванні вуглекислого газу). Добова потреба у мінералах для населення наведена у Додатку табл.5.

Їжа повинна містити необхідну кількість — **комплекс вітамінів**. **Вітаміни** (*vitae* — життя і "амін" - азотиста речовина, що містить NH_2) — органічні сполуки різної хімічної природи, необхідні в невеликих кількостях для нормального обміну речовин і життєдіяльності організму людини. Багато вітамінів є попередниками коферментів, які беруть участь у ферментативних реакціях травлення та прискорення засвоєння організмом живильних речовин. Людина і тварини не синтезують вітаміни, або синтезують у недостатній кількості, тому повинні одержувати їх з їжею. Джерелом вітамінів найчастіше є рослини. **Вітаміни поділяються на**

розчинні у воді: B₁ (тіамін), B₂ (рибофлавін), B₃ (нікотинамід, нікотинова кислота), B₄ (B_p) (холін), B₅ (пантотенова кислота), B₆ (піридоксин, піридоксаль, піридоксамін), H (B₇) (біотин), B₉ (B_c) (фолієва кислота), B₁₂ (кобаламін), B₈ (інозитол), B₁₀ (параамінобензойна кислота), B₁₁ (карнітин), C (аскорбінова кислота);

нерозчинні у воді: A (ретинол), D₂ (кальциферол), D₃ (холекальциферол), E (токоферол), K₁ (філохінон).

Нестача вітамінів в організмі приводить до порушення обміну речовин і виникає патологічний стан, що одержав назву авітаміноз, у менш вираженій формі при недостатчі вітамінів виникає гіповітаміноз. Відсутність або

недостатня кількість певного вітаміну викликає захворювання, властиве лише відсутності цього вітаміну. Норма споживання вітамінів залежать від віку, статі, виду трудової діяльності, ряду інших факторів (добова потреба для населення у вітамінах наведена у Додатку 6).

У процесі обміну речовин постійно відбувається перетворення енергії: потенційна енергія складних органічних сполук, що надійшли з їжею, перетворюється в теплову, механічну енергію, енергію нервових імпульсів. Енергія витрачається не тільки на підтримку температури тіла й виконання роботи, але й на відтворення структурних елементів клітин, забезпечення їх життєдіяльності, росту й розвитку організму.

Під час м'язової роботи звільняється теплова й механічна енергія. Відношення механічної енергії до всієї енергії, витраченої на роботу, виражене у відсотках, називається коефіцієнтом корисної дії. При фізичній праці людини коефіцієнт корисної дії коливається від 16 до 25 % і становить у середньому 20%.

Теплотворення в організмі має двофазний характер. Під час окислювання білків, жирів і вуглеводів одна частина енергії використовується для синтезу *АТФ**, інша перетворюється на теплоту. Теплота, що виділяється безпосередньо при окислюванні живильних речовин, одержала назву первинної теплоти. Звичайно на цьому етапі більша частина енергії перетворюється на теплоту (первинна теплота), а менша використовується на синтез АТФ і знову акумулюється в її хімічних *макроергічних зв'язках***.

**Аденозинтрифосфат (АТФ)* або аденозинтрифосфорна кислота, аденіліпрофосфорна кислота — нуклеотид, який містить аденін, рибозу та три фосфатні групи. Хімічна формула: $C_{10}H_{16}N_5O_{13}P_3$.

АТФ — універсальне джерело енергії для всіх біохімічних процесів є головним донором енергії, яка використовується безпосередньо, а не є формою створення запасів енергії. АТФ бере участь в енергетичному обміні у всіх живих організмах, у процесах росту, руху та відтворення.

***Макроергічний зв'язок* — хімічний зв'язок, що легко руйнується, та при розриву якого виділяється теплова енергія.

Так, в процесі окислювання вуглеводів 22,7% енергії хімічного зв'язку глюкози використовується на синтез АТФ, а 77,3% у формі первинної теплоти розсіюється в тканинах. Акумуляована в АТФ енергія використовується надалі для механічної роботи, хімічних, транспортних, електричних процесів і в кінці перетворюється у вторинну теплоту. Отже, кількість тепла, що утворилося в організмі, стає мірою сумарної енергії хімічних зв'язків, що зазнали біологічного окислювання. Тому вся енергія, що утворилася в організмі, може бути виражена в одиницях теплоти — калоріях або джоулях.

На цей час в нашій країні затверджені «Норми фізіологічних потреб у харчових речовинах і енергії для різних груп населення». Це офіційний нормативний документ для: планування вирощування та виробництва і споживання продуктів харчування; оцінки резервів продовольства; розробки заходів соціального захисту, які забезпечують здоров'я; розробки та складання розрахунків раціонів організованих колективів за виробничою діяльністю. Ці норми широко використовуються також в лікарській практиці.

До низькоенергетичних макроергів відносять прості ефіри спиртів та фосфорної кислоти, фосфогліцеринова кислота, складні моно- та дифосфорні ефіри глюкози, рибози, фруктози. При розриві одного макроергічного зв'язку виділяється 2–3 Ккал.

До високоенергетичних макроергів відносять пірофосфат, креатинфосфат, ацетилфосфат, 1,3–дифосфогліцеринову кислоту, 2–фосфоенолпіровиноградну кислоту. При розриві одного макроергічного зв'язку виділяється 10—16 Ккал. Особливе місце серед макроергів клітини належить системі АТФ-АДФ, що складається з аденіну, рибози, та трьох чи двох залишків фосфорної кислоти відповідно. При розриві одного макроергічного зв'язку виділяється 6—8 Ккал. енергії.

2.2. Опис датчиків густини теплового потоку та методика вимірювань

У відділі теплометрії в Інституті технічної теплофізики НАН України вже півсторіччя розробляються прилади, які дозволяють безпосередньо вимірювати густину теплових потоків через огорожувальні конструкції будівель, холодильних камер, парових та водогрійних котлів, теплообмінних апаратів, транспортуючих трубопроводів гарячої води та пари. Можливості таких приладів не обмежується тепловими потоками значної інтенсивності. Використання малоінерційних малогабаритних датчиків дозволяє вимірювати густину теплових потоків на рівні 1 та 10^{-3} Вт/м², достатніх для визначення незначних теплових збурень в межах температурних коливань на рівні 1,0...0,001К. Інерційність цих датчиків складає секунди, а площа — від квадратних міліметрів до декількох квадратних сантиметрів, товщина 1—2 мм. Ці особливості цілком підходять для вимірювання теплових потоків з поверхні тіла людини, як відкритих, так і закритих оджею. За їх значеннями можна встановити тепловтрати за різних зовнішніх температурних умов та оцінити теплозберігаючі властивості оджежі.

Як правило, такі прилади складаються з одного або кількох первинних *перетворювачів густини теплового потоку (ПТП) — тепломірів* та вторинної електронної апаратури, що вимірює термоелектричну рушійну силу (ЕРС) в мВ. Сучасна апаратура перетворює електричний сигнал у зручне для сприйняття візуально числове значення температури і густини теплового потоку, з можливою подальшою статистичною та графічною обробкою результатів вимірювань на комп'ютері.

Найбільш поширена конструкція шаруватого тепломіра О.А. Геращенко — В.Г. Федорова. Він має високу чутливість, постійність градуювальних характеристик, малі габарити і невисоку вартість. Конструктивно тепломір складається з батареї послідовно з'єднаних диференціальних термоелементів — термопар, заформованих в тіло полімерної пластинки.

Чутливий елемент виконаний з константанового дроту діаметром 0,1 мм, намотаного на корд порізаної на смужки кіноплівки завширшки 1,0 мм (для збільшення чутливості використовують смужки завширшки до 6 мм), товщиною 0,17 мм. Половина витка дроту гальванічно покрита міддю завтовшки 3...3,5 мкм (див. рис. 2, 3). Таким чином створюється послідовність міді та константану — плоска спіральна смужка парних термоелектродів, в яких місця переходу від чистої міді до константану це біметалічні спаї термопар, що знаходяться на двох різних поверхнях пластинки-тепломіра. Вибір розмірів та формування пластинки-тепломіра відбувається в залежності від призначення, інтенсивності теплових потоків та температурних навантажень, розмірів та форми дослідних об'єктів тощо. За призначенням підбирається і заповнювач, яким можуть бути епоксидні смоли або інші полімери, в чистому вигляді чи з барвниками та з теплопровідними, вогнетривкими та інш. домішками. Товщина тепломіра, його площа та форма пластинки (кругла, прямокутна чи квадратна) формуються за призначенням (рис.3).

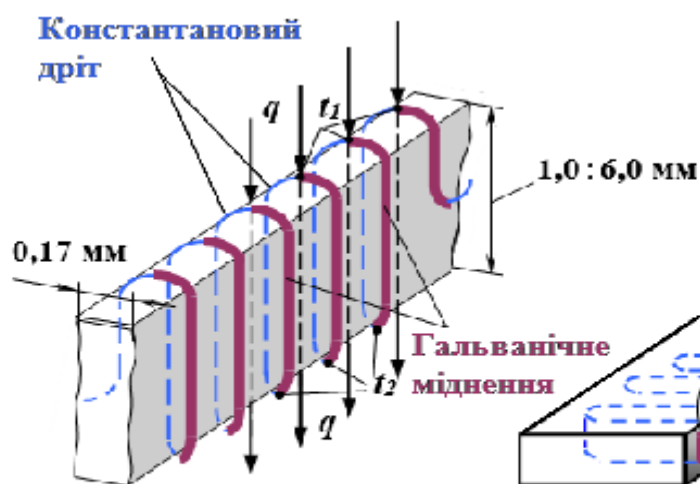


Рис. 2. Схема включення термоелементів у батарею

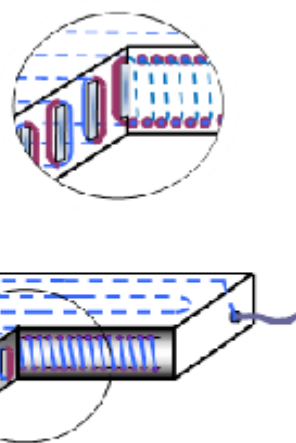


Рис. 3. Розміщення термобатареї в тілі тепломіра

Дротові спіральні електроди та компаунд, який заповнює проміжки між ними, створюють термічний опір тепловому потоку, утворюючи *допоміжну стінку*. При проходженні крізь стінку потоку теплоти в шарі між першою і другою площинами утворюється перепад температур $t_1 - t_2$ (рис.2). При цьому термобатарея виробляє ЕРС, пропорційну цьому перепаду і числу термоелементів та відповідно і густині теплового потоку. Кількість таких диференціальних термопар становить від кількох десятків до тисячі на одному квадратному сантиметрі пластини. Ця кількість приймається в залежності від інтенсивності теплових потоків. Для надійної реєстрації потоків малої інтенсивності, а саме густини теплового потоку в межах $10^{-2} \dots 100 \text{ Вт/м}^2$, що відповідає густині теплових потоків через огородження житлових та промислових будівель, через теплову ізоляцію холодильних камер, тепловиділення людиною, достатньо 200–300 шт/см².

Збільшення кількості диференціальних термопар сприяє чутливості тепломіра і надає можливість вимірювати малі теплові потоки мініатюрними датчиками, але час виходу тепломіра на режим вимірювання зростає з 10...30 с до 1...2 хв. Таким тепломіром важко вимірювати теплові потоки на поверхнях із значним впливом конвективного та радіаційного потоку (зовнішні вимірювання на будівельних спорудах при наявності змінного вітру, сонячного випромінювання). Реєстрацію даних датчиків необхідно проводити за допомогою спеціального пристрою (це комплекс, який включає – комутатор, таймер, транскриптор тощо), що перетворює електричний сигнал у аналоговий, та передає його на комп'ютер та запам'ятовує, а за допомогою графічних програм виводить результати на дисплей. Визначенні мінімуми та максимуми аналізуються і вибирається найбільш характерне значення для даного періоду вимірювання.

Важлива особливість пластинок-тепломірів полягає в тому, що в процесі

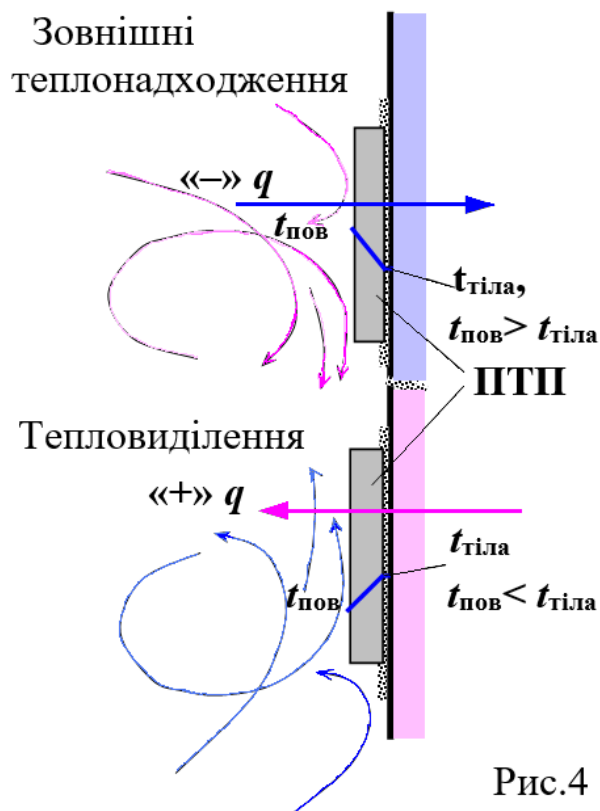


Рис.4

роботи сигнал тепломіра визначає спрямування (напрямок) теплового потоку відповідно до знаку на приладі «+» чи «-» (рис.4). При дослідженні теплових потоків від тіла людини необхідно знати спрямування теплового потоку — ці надходження ідуть ззовні (від системи опалення, сонця тощо), або навпаки саме тепловиділення людини. Найбільш просте кріплення тепломіра на поверхні — це наклеювання на двосторонній тонкий скот. Це кріплення доволі міцне і його можна

швидко замінити, поверхня кріплення не має механічної деформації при закріпленні на одязі, чи на тілі не забруднює поверхні та є гігієнічною.

Градуювальною характеристикою тепломіра є *робочий коефіцієнт* або *коефіцієнт перетворення* — k_q , Вт/(м²·мВ), обернений величині чутливості датчика. Робочий коефіцієнт є мірою пропорційності між густиною теплового потоку, що вимірюється, і термо-ЕРС — e , мВ, що виробляє тепломір:

$$k_q = q/e. \quad (2)$$

Кожен тепломір градується за еталонним тепломіром та має власний робочий коефіцієнт k_{qi} , тому залишається тільки помножити значення його сигналу на показання мілівольтметра e та визначити за рівнянням густину теплового потоку:

$$q_i = k_{qi} e_i. \quad (3)$$

Розглянемо можливі випадки вимірювання густини теплового потоку тепломіром на поверхні тіла та визначення методичної похибки. Для поверхні напівобмежаного масива (тіло людини) (рис.5, а) та тепломіра між необмеженими суцільними масивами (ПТП всередині — наклеєний на поверхню тіла та вкритий шаром одяжі) (рис.5, б)

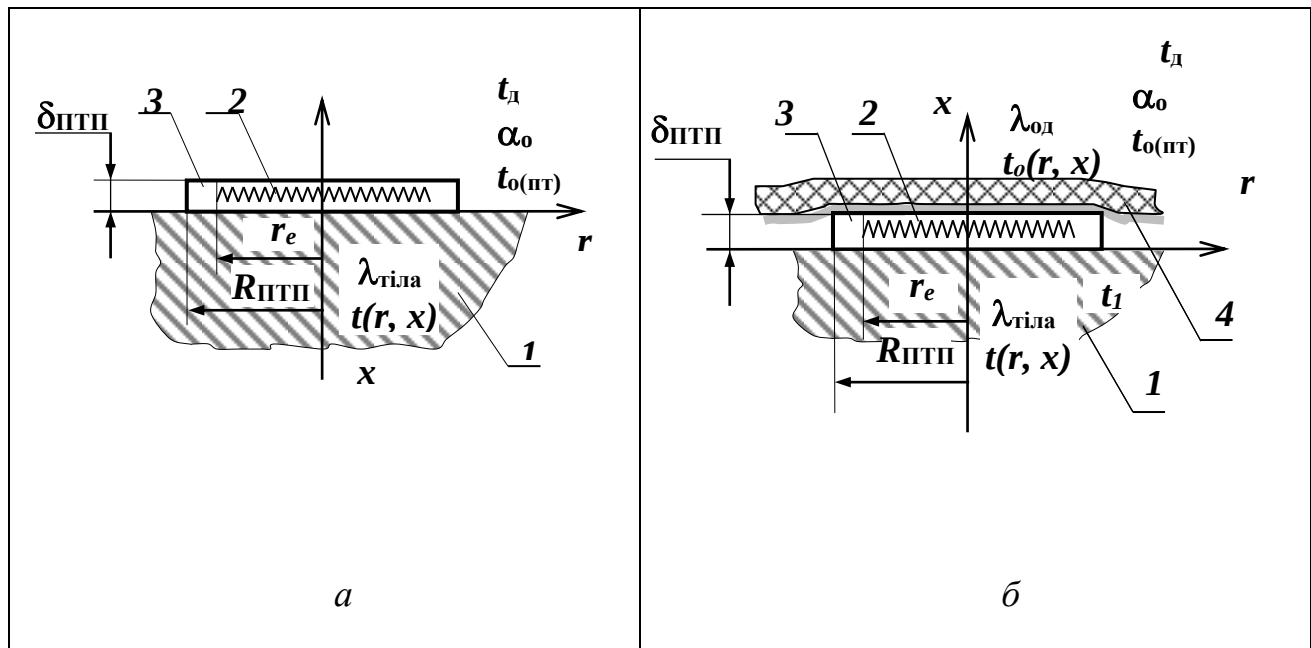


Рис. 5. Теплообмін при мезових умовах 3-го роду.

1— тіло людини, 2 — ПТП, 3 — охоронна зона ПТП, 4 — одяга.

У першому випадку (рис.5, а) за рахунок теплообміну поверхні з довкіллям (д) формується одномірне температурне поле $t_{o(пт)}$ і густина теплового потоку (тепловиділення), що виділяються на зовні з поверхні тіла людини (пт) визначається з рівняння

$$q_o = \alpha_o(t_d - t_o), \quad (4)$$

де $\alpha_o = \alpha_\Sigma = \alpha_k + \alpha_{пр}$ — **сумарний коефіцієнт теплообміну** між довкіллям та стінкою **за рахунок конвекції та теплового випромінювання**; температура повітря довкілля — t_d ; $t_{o(тіла)}$ — температура, що встановилася на поверхні тіла.

При накладанні тепломіра на поверхню, у якого теплопровідність дещо відрізняється від теплопровідності тіла, а ступінь чорноти однаковий,

температурне поле конструкції викривляється і стає двомірним $t(r, x)$. В даному випадку методична похибка визначення густини теплового потоку залежить від інтенсивності конвективних збурень та випромінювання, при наявності близького розташування об'єктів з температурою нижче, або вище комфортної (тимчасовий інтенсивний вплив холодних стін, протягів вікна, близьке розташування опалювальних приладів та тепловентиляторів тощо), та може складати 0,5...3%. Можуть виникнути небажані похибки під час накладання датчика на різні за теплопровідністю поверхні. Значний вплив на вимірювання на поверхні тіл та матеріалів мають теплоізоляційні властивості. Ці впливи розглядають попередньо і в датчиках при виготовленні передбачена охоронна зона — заливка з матеріалу заповнювача (на додаткових 1...10 мм збільшуються габарити тепломіра). Зменшити вплив зовнішніх потоків на показання датчика і отримати стабільніші результати можливо розміщенням тепломіра всередині масиву, або між прошарками, наприклад під одежею (рис.5, б). Таке розташування має перевагу у більшій достовірності вимірювань тепловтрат тому що: має безпосередній контакт з поверхнею тіла людини; прибираються збурення оточуючого середовища за рахунок покриття тепломіра одежею, що створює теплоізолюючий прошарок.

Вибрані тепломіри для дослідження є малоінерційними, що після наклеювання на поверхню тіла виходять на режим менше ніж за 1 хв. При проведенні дослідження спочатку в приміщенні, а потім на свіжому повітрі восени та взимку, потрібно витримати інтервал у декілька хвилин для виходу тепломіра на робочий режим. Це пов'язано з повільним охолодженням теплозахисного прошарку одежі та встановлення умов теплообміну близького до стаціонарного режиму.

2.3. Метод комбінованого тепломіра

Вплив на інтенсивність теплообміну під час вільної та вимушеної конвекції температур поверхні і теплоносія розглянуто в попередніх лабораторних роботах.

Необхідно також розглянути особливості тепловиділення з поверхні тіла людини при комфортних умовах і зниження температури, за яких значно більша частка енергії втрачається за рахунок теплового випромінювання і порівняно незначна частка за рахунок конвекції та випаровування вологи — тепломасообміну. В умовах збільшення температури вище 28°C та значних фізичних навантажень (спортивні змагання) тепломасообмінні перевалюють над тепловим випромінюванням. Тому відокремлення цих складових важливе для визначення інтенсивності відведення теплоти в докілья або навпаки забезпечення теплозахисту одяжі та зменшення втрати теплоти.

Складності у визначенні цих складових в громіздкості аналітичних рішень, у похибках при завданні коефіцієнтів та температурних умов. Рішення цих задач відомі студентам з курсу «Тепломасообмін» де для визначення інтенсивності конвективного теплообміну та масообмінних процесів випаровування вирішують характерні критеріальні рівняння, а для теплового випромінювання розглядають рівняння Стефана-Больцмана.

Дану задачу дозволяє вирішити теплотричний метод роздільного вимірювання радіаційної та конвективної складових, а також розглянути випаровування з поверхні та визначити тепломасообміну складову.

Під час незначних фізичних навантажень людини, наприклад аудиторні заняття у студентів: конспектування лекції, робота на комп'ютері тощо, випаровування з поверхні тіла вкрай незначне. Тому можливе спрощення — роздільне вимірювання радіаційної та конвективної складових теплового потоку, за рахунок вимірювання густини теплового потоку двома тепловірами прийомні поверхні яких мають різні коефіцієнти поглинання (ступені чорноти) — «чорний» зі $\varepsilon_1 = 0,98 \dots 0,94$ та «дзеркальний (білий)» — з $\varepsilon_2 = 0,1 \dots 0,03$ (див. рис.6). «Чорний» датчик фіксує сумарну густину теплового потоку $q_1 = q_{\Sigma} = q_k + q_{\text{пр.}}$, а «дзеркальний» конвективний потік $q_2 = q_k$.

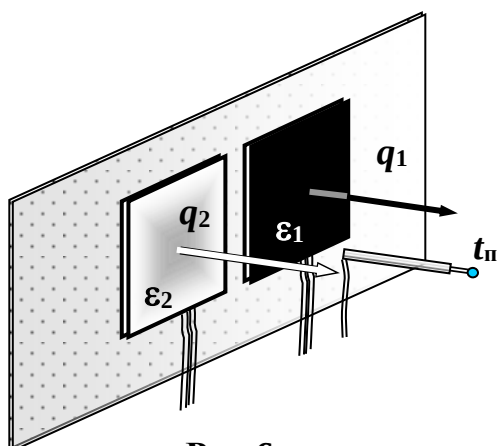


Рис.6

Для «дзеркального» тепломіра використовуємо покриття у вигляді тонкої алюмінієвої фольги, яка має інтегральний напівсферичний ступінь чорноти $\varepsilon_2 = 0,03...0,1$. Поверхня ж «чорного» тепломіра вже має високий ступінь чорноти при заливці компаундом $\varepsilon_{ПТП} = \varepsilon_1 = 0,94$ (рис.6), який близький до ступеня

чорноти досліджуваної поверхні (тіло людини — 0,95, одяг 0,77...0,96).

Для порівняння та визначення інтенсивності потоків випромінюванням та конвекцією можливо використовувати один тепломір. На який після вимірювання наклеюється алюмінієва фольга і датчик з «чорного» стає «дзеркальним». Розрахункове рівняння з поправками на ступінь чорноти має вигляд:

$$q_{пр} = \varepsilon_1 \frac{q_1 - q_2}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}. \quad (5)$$

Якщо вважати що співвідношення дорівнює $\frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2} \cong 1,0$, тоді, як попередньо було сказано, «дзеркальний» тепломір вимірює конвективну складову теплообміну, а «чорний» — сумарне значення конвективної та променистої складової теплообміну можливо записати у вигляді:

$$q_k = q_2, \quad q_\Sigma = q_1 = q_{пр} + q_k \Rightarrow q_{пр} = q_\Sigma - q_k = q_1 - q_2. \quad (6)$$

Для визначення всіх тепломасообмінних складових: конвективної, променистої та масообмінної необхідно на досліджувану поверхню встановити тепломіри з різними характеристиками, то за їх сигналами можна визначити складові теплового потоку. На рис.7 показана така конструкція тепломірів, де 1 та 2 є суцільними, 3 – перфорованим. Ступінь чорноти тепломірів 1 та 3 — ε_1 і ε_3 є близьким до ступеня чорноти дослідної поверхні, ε_2 – вкрито металевою

фольгою з малим ε . Якщо тепловіри розташовані на ізотермічній поверхні, то променистий $q_{\text{пр}}$, конвективний $q_{\text{к}}$ та масообмінний $q_{\text{м}}$ компоненти загальної

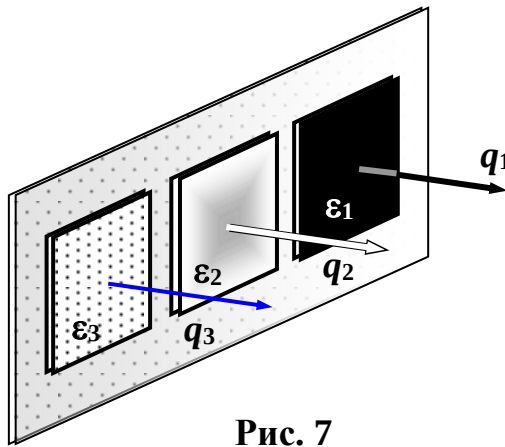


Рис. 7

густини теплового потоку q можна підрахувати за сигналами тепловірів q_1 , q_2 та q_3 :

$$q_{\text{пр}} = \varepsilon_1 \frac{q_1 - q_2}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}, \quad (7)$$

$$q_{\text{к}} = q_1 - q_{\text{пр}}, \quad (8)$$

$$q_{\text{м}} = q_3 - q_1. \quad (9)$$

3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ

3.1. На початку виконання роботи необхідно ознайомитись з комплектністю приладів та їх підключенням, які складаються з:

- 1) мілівольтметра або переносного комплексного приладу (тестера), включеного для вимірювання мВ;
- 2) тепловірів з дротовими виводами;
- 3) пірометра, з змінним коефіцієнтом емісії, на якому є можливість регулювати та встановлювати потрібний ступінь чорноти, еквівалентний ступені чорноти об'єкта;
- 4) термометра (ртутний або термісторний) для вимірювання температури повітря та контролю поверхневих температур.

3.2. Вимірювання та розрахунки проводити за наступним порядком:

3.2.1. Розрахувати площу зовнішньої поверхні власного тіла, використовуючи формули (вибрати дві формули та перевірити на схожість результатів):

Дюбуа: $F = 0,007184 \cdot m_{\text{кг}}^{0,425} \cdot H_{\text{см}}^{0,725};$

схожу формулу Такахира: $F = 0,007241 \cdot m_{\text{кг}}^{0,425} \cdot H_{\text{см}}^{0,725}$;

Мостеллера: $F = \sqrt{\frac{m_{\text{кг}} \cdot H_{\text{см}}}{3600}}$;

Фудзимото: $F = 0,008883 \cdot m_{\text{кг}}^{0,444} \cdot H_{\text{см}}^{0,663}$.

Для розрахунку за даними формулами необхідно мати інформацію про вагу m в кг та зріст H у см. Крім того, потрібні уточнення, що до збільшення площі за рахунок одяжі та додаткової ваги. Для цього вводиться поправка на збільшення площі 3...5%.

3.2.2. Використовуються данні тепловізійної зйомки студента з попередньої лабораторної роботи, в якій отримані термограми (фотографії) студентів під час ознайомлення з роботою та використанням тепловізора. Або за допомогою пірометра потрібно сканувати власну поверхню тіла (за допомогою колег) — визначити температуру на закритих та відкритих ділянках тіла, спереду та ззаду, та занести їх до рисунка (Рис.8). За температурним розподілом на власній поверхні визначити ділянки з найбільшою та найменшою температурою.

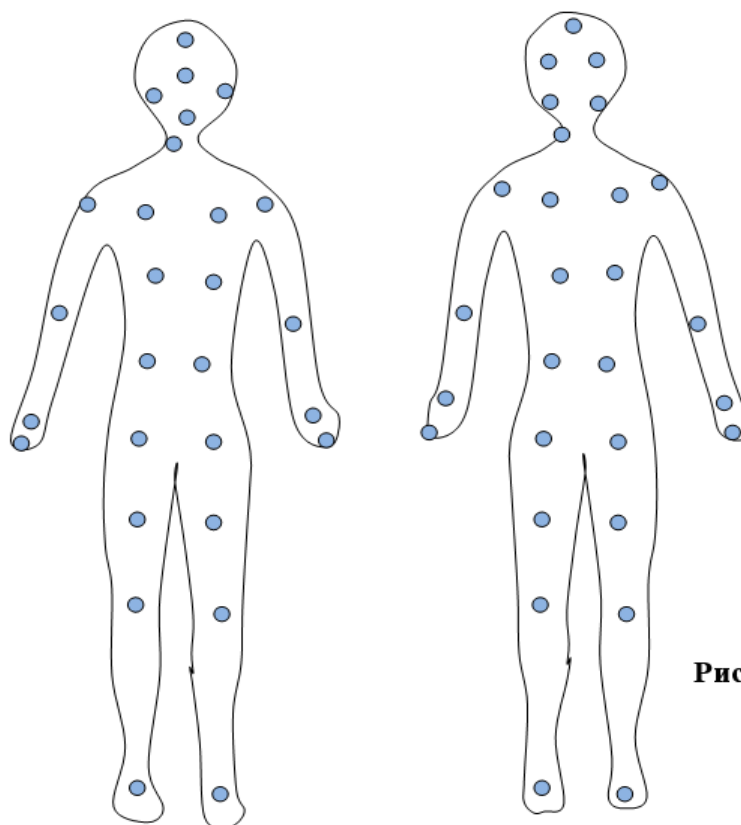


Рис.8

3.2.3. Вимірювання густини теплового потоку проводити після закріплення (наклеювання) тепломіра на двосторонній скотч, на визначених за температурою ділянках:

1) в приміщенні з комфортною температурою повітря (18...24°C) за вимірюваннями на відкритих поверхнях — обличчі, шиї q_i (порівняти значення на долонях), результати усереднюються в часі $\bar{q}_1$ та розраховується тепловий потік.

Прийmemo, що у людини відкритою є 15% загальної площі — $Q_1 = \bar{q}_1 \cdot 0,15 \cdot F$. Також вимірюється густина теплового потоку на поверхнях закритих оджею (переважним є місце на спині) $\bar{q}_2$ та розраховується тепловий потік, за умов, що 85% загальної площі закриті оджею, а саме — $Q_2 = \bar{q}_2 \cdot 0,85 \cdot F$.

2) Вимірювання густини теплового потоку повторюються на вулиці за існуючих погодних умов (також можливо розглянути вимірювання в холі, коридорі, сходах), після чого визначається збільшення теплового потоку, як на відкритих поверхнях, так і вкритих оджею.

3.2.4. Сумарне значення теплових втрат людиною за рахунок зовнішнього охолодження визначається з рівняння:

$$Q_{\Sigma} = a \cdot 3600 \cdot (Q_1 + Q_2) + \frac{3}{4} b \cdot 3600 \cdot (Q_1 + Q_2) + c \cdot 3600 \cdot (k_1 Q_1 + k_2 Q_2),$$

$$\text{Дж} \rightarrow \text{кДж} \rightarrow \frac{\text{кДж}}{4,19} = \text{ккал},$$

де a — час перебування людини в приміщенні — від 8 до 14 годин;

b — час сну — 6...8 годин;

c — час перебування людини на свіжому повітрі — від 2 до 8 годин;

k_1 — коефіцієнт, що враховує збільшення густини теплового потоку з відкритих поверхонь — долоні та обличчя;

k_2 — коефіцієнт, що враховує збільшення густини теплового потоку на закритих оджею поверхнях людини.

Отримане значення потрібно збільшити на 5...20%, та віднести на рахунок випаровування води з легенів та поверхні тіла.

3.2.5. На основі власного добового харчового раціону скласти калорійність споживаних продуктів, користуючись табл. Додатку1. Порівняти розраховану добову калорійність споживаних продуктів з нормативними значеннями необхідного споживання харчових речовин для свого віку наведених у табл. Додатку 2. Отримані значення порівняти з виміряними добовими втратами теплоти з власної поверхні у довкілля.

4. ВИМОГИ ДО ЗВІТУ

Звіт з лабораторної роботи повинен обов'язково містити:

1. Назву і мету лабораторної роботи;
2. Стислі теоретичні відомості;
3. Схеми теплообміну за межових умов 3-го роду;
4. Журнал досліджень з результатами експерименту;
5. Обробку результатів експерименту;
6. Аналіз отриманих результатів та висновки по роботі.

5. КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Як визначається та з чого складається баланс теплоти у людини?
2. Джерело енергії для людини і якими показниками воно визначається?

Яка норма енергетичного споживання для людини за різних умов праці в порівнянні з іншими теплокровними істотами?

3. Як визначається та з чого складається енергетична цінність харчових продуктів?

4. Які температурні особливості в залежності від оточуючого середовища має тіло людини?

5. Методи визначення енерговитрат у людини та інших теплокровних.

6. Записати формулу Дрейера для визначення добових тепловтрат.

7. Датчики густини теплового потоку, їх будова та можливе застосування.
8. Методика використання комбінованого тепломіра.
9. Методика визначення енергоспоживання та енерговтрат, що розглянуті в лабораторній роботі.
10. Як впливає оточуюче середовище, опалювальні пристрої, одяг на теплообмін людини?
11. Які висновки можна зробити на основі виконаного лабораторного дослідження?

6. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Физиология человека/ Под ред. Покровского В.М., Коротько Г.Ф. М.: Медицина, 1997; Т1- 448 с., Т2 - 368с.
2. Орлова Н.Я. Фізіологія та біохімія харчування. —К.: Київ. Держ. Торг.-екон. ун-т, 2001. —248 с.
3. Гигиена физического воспитания и спорта/ Я.С. Вайнбаум, В.И. Коваль, Т.А.Родионова. — М.: Издательский центр «Академия», 2002. — 240 с.
4. Федоров В.Г. Основы тепломассометрии. — К.: Вища шк., 1987. — 184с.
5. Визначення теплових потоків крізь огорожувальні конструкції: Методика М00013184.5.023-01/ Розробники: Т.Г.Грищенко, Л.В.Декуша та інш. – К.: ЛОГОС, 2002. – 131С.
6. Химический состав пищевых продуктов/ Под ред. М.Ф.Нестерина, И.М.Скурихина. —М.: Пищевая пром-сть 1979. —248 с.
7. СН 5786-91. Нормы физиологических потребностей в пищевых веществах и энергии для различных групп населения СССР
8. Норми фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах та енергії, № 272 від 18.11.99 МОЗ України за № 834/4127 02.12.1999 р.
9. Кукушкин Ю.Н. Химические элементы в организме человека. —Л.: Химия, 1998.

Додатки

Додаток 1

Харчова та енергетична цінність (калорійність) харчових продуктів

Продукт	100 г продукту містить				
	Вода, г	Білки, г	Жири, г	Вуглеводи, г	Енергетична цінність, ккал
Овочі					
Баклажани	91	0,6	0,1	5,5	24
Буряк	86,5	1,7	-	10,8	48
Горошок зелений	80	5	0,2	13,3	72
Кабачки	93	0,6	0,3	5,7	27
Капуста білокачанна	90	1,8	-	5,4	28
Капуста червонокочанна	90	1,8	-	6,1	31
Капуста цвітна	90,9	2,5	-	4,9	29
Картопля	76	2	0,1	19,7	83
Морква червона	88,5	1,3	0,1	7	33
Огірки ґрунтові	95	0,8	-	3	15
Огірки парникові	96,5	0,7	-	1,8	10
Перець зелений солодкий	92	1,3	-	4,7	23
Перець червоний солодкий	91	1,3	-	5,7	27
Петрушка (зелень)	85	3,7	-	8,1	45
Петрушка (корінь)	85	1,5	-	11	47
Помідори	94,6	0,6	-	2,9	14
Ревінь	94,5	0,7	-	2,9	16
Редис	93	1,2	-	4,1	20
Редька	88,6	1,9	-	7	34
Салат	95	1,5	-	2,2	14
Хрін	77	2,5	-	16,3	71
Цибуля зелена (перо)	92,5	1,3	-	4,3	22
Цибуля порей	87	3	-	7,3	40
Цибуля ріпка	86	1,7	-	9,5	43
Часник	70	6,5	-	21,2	106
Черемша	89	2,4	-	6,5	34
Шпинат	91,2	2,9	-	2,3	21
Щавель	90	1,5	-	5,3	28
Горіхи, насіння					
Арахіс	10	26,3	45,2	9,7	548
Грецький горіх	5	13,8	61,3	10,2	648
Мигдаль	4	18,6	57,7	13,6	645
Насіння соняшника	8	20,7	52,9	5	578
Фундук	4,8	16,1	66,9	9,9	704
Фрукти, цитрусові та ягоди					
Абрикоси	86	0,9	-	10,5	46
Айва	87,5	0,6	-	8,9	38
Алича	89	0,2	-	7,4	34
Ананас	86	0,4	-	11,8	48
Банани	74	1,5	-	22,4	91
Вишня	85,5	0,8	-	11,3	49

Гранат	85	0,9	-	11,8	52
Горобина садова	81	1,4	-	12,5	58
Горобина чорноплідна	80,5	1,5	-	12	54
Груша	87,5	0,4	-	10,7	42
Інжир	83	0,7	-	13,9	56
Кизил	85	1	-	9,7	45
Персики	86,5	0,9	-	10,4	44
Слива садова	87	0,8	-	9,9	43
Фініки	20	2,5	-	72,1	281
Хурма	81,5	0,5	-	15,9	62
Черешня	85	1,1	-	12,3	52
Шовковиця	82,7	0,7	-	12,7	53
Яблука	86,5	0,4	-	11,3	46
Апельсин	87,5	0,9	-	8,4	38
Грейпфрут	89	0,9	-	7,3	35
Лимон	87,7	0,9	-	3,6	31
Мандарин	88,5	0,8	-	8,6	38
Брусниця	87	0,7	-	8,6	40
Виноград	80,2	0,4	-	17,5	69
Ожина	88	2	-	5,3	33
Суниця	84,5	1,8	-	8,1	41
Журавлина	89,5	0,5	-	4,8	28
Агрус	85	0,7	-	9,9	44
Малина	87	0,8	-	9	41
Морошка	83,3	0,8	-	6,8	31
Обліпіха	75	0,9	-	5,5	30
Порічка біла	86	0,3	-	8,7	39
Порічка червона	85,4	0,6	-	8	38
Смородина чорна	85	1	-	8	40
Чорниця	86,5	1,1	-	8,6	40
Шипшина свіжа	66	1,6	-	24	101
Шипшина сушена	14	4	-	60	253
Баштанні культури					
Кавун	89,5	0,7	-	9,2	38
Диня	88,6	0,6	-	9,6	39
Гарбуз	90,3	1	-	6,5	29
Гриби					
Білі свіжі	89,9	3,2	0,7	1,6	25
Білі сушені	13	27,6	6,8	10	209
Підберезники свіжі	91,6	2,3	0,9	3,7	31
Підосичники свіжі	91,1	3,3	0,5	3,4	31
Сироїжки свіжі	83	1,7	0,3	1,4	17
Квашені, солені, сушені овочі і фрукти					
Капуста квашена	90,9	0,8	-	1,8	14
Огірки солені	93,8	2,8	-	1,3	19
Помідори солені	92,8	1,7	-	1,8	19
Сушені овочі					
Горошок	13,1	35	0,4	47,5	322
Картопля	12	6,6	0,3	73,7	307
Цибуля	14	16	2,8	47,8	273

Морква	14	13	1,5	54,6	275
Буряк	14	13,5	-	59,6	278
Фрукти сушені					
Урюк	18	5	-	67,5	278
Курага	20,2	5,2	-	65,9	272
Родзинки з кісточкою	19	1,8	-	70,2	276
Родзинки кишмиш	18	2,3	-	71,2	279
Вишня	18	1,5	-	73	292
Груша	24	2,3	-	62,1	246
Персики	18	3	-	68,5	275
Чорнослив	25	2,3	-	65,6	264
Яблука	20	3,2	-	68	273
Хлібобулочні вироби					
Хліб житній	42,4	4,7	0,7	49,8	214
Хліб пшеничний з борошна I сорту	34,3	7,7	2,4	53,4	254
Здобна випічка	26,1	7,6	4,5	60	297
Бублики	17	10,4	1,3	68,7	312
Сушка					
Сухарі пшеничні	12	11,2	1,4	72,4	331
Сухарі вершкові	8	8,5	10,6	71,3	397
Борошно пшеничне вищого сорту	14	10,3	0,9	74,2	327
Борошно пшеничне I сорту	14	10,6	1,3	73,2	329
Борошно пшеничне II сорту	14	11,7	1,8	70,8	328
Борошно житнє	14	6,9	1,1	76,9	326
Крупа					
Вівсяна	12	11,9	5,8	65,4	326
«Геркулес»	12	13,3	6,2	65,7	355
Гречана	14	12,6	2,6	68	329
Кукурудзяна	14	8,3	1,2	75	325
Манна	14	11,3	0,7	72,2	326
Перлова	14	9,3	1,1	73,7	345
Пшоно	14	12	2,9	69,3	334
Рисова	14	7	0,6	73,7	323
Бобові					
Боби	83	6	0,1	8,3	58
Горіх лущений	14	23	1,6	57,7	323
Горох цільний	14	23	1,2	53,3	303
Квасоля	14	22,3	1,7	54,5	309
Соя	12	34,9	17,3	26,5	395
Чечевиця	14	24,8	1,1	53,7	310
Молочні продукти					
Бринза	52	17,9	20,1	-	260
Йогурт натуральний 1,5% жирності	88	5	1,5	3,5	51
Кефір нежирний	91,4	3	0,1	3,8	30
Кефір жирний	88,3	2,8	3,2	4,1	59
Молоко	88,5	2,8	3,2	4,7	58
Молоко згущене з цукром	26,5	7,2	8,5	56	315

Ряжанка	85,3	3	6	4,1	85
Вершки 10%	82,2	3	10	4	118
Вершки 20%	72,9	2,8	20	3,6	205
Сметана 10%	82,7	3	10	2,9	116
Сметана 20%	72,7	2,8	20	3,2	206
Сирки і сиркові м'який маси	41	7,1	23	27,5	340
Сир російський	40	23,4	30	-	371
Сир голландський	38,8	26,8	27,3	-	361
Сир швейцарський	36,4	24,9	31,8	-	396
Сир плавлений	55	24	13,5	-	226
Сир м'який жирний	64,7	14	18	1,3	226
Сир м'який напівжирний	71	16,7	9	1,3	156
Сир м'який нежирний	77,7	18	0,6	1,5	86
М'ясні продукти					
Баранина	67,6	16,3	15,3	-	203
Конина	72,5	20,2	7	-	143
Кролик	65,3	20,7	12,9	-	199
Свинина нежирна	54,8	16,4	27,8	-	316
Свинина жирна	38,7	11,4	49,3	-	489
Телятина	78	19,7	1,2	-	90
Яловичина	67,6	18,6	12,4	-	187
Домашня птиця					
Гуси	49,7	16,1	33,3	-	364
Індичка	64,5	21,6	12	0,8	197
Кури	68,9	20,8	8,8	0,6	165
Курчата	71,3	18,7	7,8	0,4	156
Качки	51,5	16,5	61,2	-	346
Ковбасні вироби					
Варена ковбаса (Докторська)	60,8	13,7	22,8	-	260
Варено-копчена ковбаса (Сервелат)	39,6	28,2	27,5	-	360
Сардельки свинячі	53,7	10,1	31,6	1,9	332
Сосиски свинячі	54,8	11,8	30,8	-	324
Сосиски молочні	60	12,3	25,3	-	277
Сирокопчена ковбаса (Московська)	27,6	24,8	41,5	-	473
Яйця та яйцепродукти					
Сухий білок	12,1	73,3	1,8	7	336
Сухий жовток	5,4	34,2	52,2	4,4	623
Яйце куряче	74	12,7	11,5	0,7	157
Яєчний порошок	6,8	45	37,3	7,1	542
Яйце перепелине	73,3	11,9	13,1	0,6	168
Риба свіжа і морожена (м)					
Вугор	53,5	14,5	30,5	-	333
Горбуша	70,5	21	7	-	147
Камбала	79,5	16,1	2,6	-	88
Карась	78,9	17,7	1,8	-	87
Короп	79,1	16	3,6	-	96
Кета (м)	71,3	22	5,6	-	138
Корюшка (м)	79,8	15,5	3,2	-	91

Лящ	77,7	17,1	4,1	-	105
Мінога (м)	75	14,7	11,9	-	166
Минтай (м)	80,1	15,9	0,7	-	70
Мойва (м)	75	13,4	11,5	-	157
Навага (м)	81,1	16,1	1	-	73
Окунь морський (м)	75,4	17,6	5,2	-	117
Окунь річковий	79,2	18,5	0,9	-	82
Осетер	71,4	16,4	10,9	-	164
Оселедець (м)	62,7	17,7	19,5	-	242
Палтус (м)	76,9	18,9	3	-	103
Сазан	75,3	18,4	5,3	-	121
Сайра крупна (м)	59,8	18,6	20,8	-	262
Сайра дрібна (м)	71,3	20,4	0,8	-	143
Салака (м)	75,4	17,3	5,6	-	121
Скумбрія (м)	71,8	18	9	-	153
Сом	75	16,8	8,5	-	144
Ставрида (м)	74,9	18,5	5	-	119
Стерлядь	74,9	17	6,1	-	320
Судак	78,9	19	0,8	-	83
Сьомга (м)	62,9	20,8	15,1	-	219
Тріска (м)	80,7	17,5	0,6	-	75
Хек (м)	79,9	16,6	2,2	-	86
Щука	70,4	18,8	0,7	-	82
Морепродукти					
Морська капуста	88	0,9	0,2	3	5
Кальмар	80,3	18	0,3	-	75
Краб	81,5	16	0,5	-	69
Креветка	77,5	18	0,8	-	83
Ікра					
Кети зерниста	46,9	31,6	13,8	-	251
Лящева пробійна	58	24,7	4,8	-	142
Минтаєва пробійна	63,2	28,4	1,9	-	131
Осетрова зерниста	58	28,9	9,7	-	203
Осетрова пробійна	39,5	36	10,2	-	123
Рибні консерви					
Бички в томаті	70,8	12,8	8,1	5,2	145
Горбуша	70,6	20,9	5,8	-	138
Камбала в томаті	71,6	13,7	6,3	4,8	132
Кета	70,4	21,5	4,8	-	131
Кета в томаті	65,3	19,7	8,2	4,1	168
Лящ в томаті	71,1	15,3	7,4	2,6	139
Сардини в маслі	59	17,9	19,7	-	249
Сайра в маслі	56	18,3	23,3	-	283
Скумбрія в маслі	62,4	19,5	15,8	-	220
Тріска копчена в маслі	52,9	20,7	22,9	-	290
Шпроти в маслі	46,4	17,4	32,4	0,4	364
Ставрида в томаті	66,7	14,8	8,3	7,3	161
Судак в томаті	74,2	14	5,3	3,7	119
Печінка тріски	26,4	4,2	65,7	-	613
Тунець	74	22,7	0,7	-	96

Щука в томаті	74,7	14,2	4	3,6	108
Жири					
Жир баранячий або яловичий топлений	0,3	0	99,7	-	897
Майонез	25	3,1	67	2,6	627
Масло рослинне	0,1	0	99,9	-	899
Масло вершкове	15,8	0,6	82,5	0,9	748
Масло топлене	1	0,3	98	0,6	887
Маргарин молочний	15,9	0,3	82,3	1	746
Солодощі					
Драже фруктове	7	3,7	10,2	73,1	384
Зефір	20	0,8	-	78,3	299
Ірис (цукерки)	6,5	3,3	7,5	81,8	387
Карамель	4,4	-	0,1	77,7	296
Мармелад	21	-	0,1	77,7	296
Мед	17,2	0,8	-	80,3	308
Цукор	0,2	0,3	-	99,5	374
Халва соняшникова	2,9	11,6	29,7	54	516
Шоколад темний	0,8	5,4	35,3	52,6	540
Шоколад молочний	0,9	6,9	35,7	52,4	547
Кондитерські вироби з тіста					
Вафлі з фруктовими наповнювачами	12	3,2	2,8	80,1	342
Вафлі з жиромісними наповнювачами	1	3,4	30,2	64,7	530
Пряники	14,5	4,8	2,8	46,8	524
Тістечко слоїне з кремом	9	5,4	38,6	46,4	544
Тістечко бісквітне з фруктовою начинкою	21	4,7	9,3	84,4	344
Соки					
Абрикосовий	84	0,5	-	14	56
Апельсиновий	84,5	0,7	-	13,3	55
Виноградний	80,3	0,5	-	12,6	52
Вишневий	85	0,7	-	12,2	53
Мандариновий	87,8	0,8	-	9,6	41
Яблучний	87	0,5	-	11,7	47
Буряковий	83,4	1	-	14,6	59
Томатний	94,3	1	-	3,3	18
Напої					
Вино червоне	89,2	0,2	-	0,2	71
Квас	93,4	0,2	-	5	25
Лимонад	92	0	-	7,5	31
Пиво	92	0,6	-	4,8	37

Додаток 2

Норми фізіологічних добових потреб у харчових речовинах для дорослого населення

Група	Коефіцієнт фізичної активності	Вік, років	Енергія, ккал	Білки, г		Жири, г	Вуглеводи, г
				всього	у тому числі тваринні		
			Чоловіки				
I	1,4	18—29	2450	72	40	81	358
		30—39	2300	68	37	77	335
		40—59	2100	65	36	70	303
II	1.6	18—29	2800	80	44	93	411
		30—39	2650	77	42	88	387
		40—59	2500	72	40	83	366
III	1.9	18—29	3300	94	52	110	484
		30—39	3150	89	49	105	462
		40—59	2950	84	46	98	432
IV	2,2	18—29	3850	108	59	128	566
		30—39	3600	102	56	120	528
		40—59	3400	96	53	113	499
V	2,5	18—29	4200	117	64	154	586
		30—39	3950	111	61	144	550
		40—59	3750	104	57	137	524
			Жінки				
I	1,4	18—29	2000	61	34	67	289
		30—39	1900	59	33	63	274
		40—59	1800	58	32	60	257
		18—29	2200	66	36	73	318
II	1.6	30—39	2150	65	36	72	311
		40—59	2100	63	35	70	305
III	1,9	18—29	2600	76	42	87	378
		30—39	2550	74	41	85	372
		40—59	2500	72	40	83	366
IV	2,2	18—29	3050	87	48	102	462
		30—39	2950	84	46	98	432
		40—59	2850	82	45	95	417
Додатково до норми, що відповідає фізичної активності і віку							
Вагітні			+350	30	20	12	20
Що годують (1-6 міс)			+500	40	26	15	40
Що годують (7—12 міс)			+450	30	20	15	30
Для людей у віці							
Чоловіки		60—74	2300	68	37	77	335
		75 и >	1950	61	33	65	280
Жінки		60—74	1975	61	33	66	284
		75 и >	1700	55	30	57	242

Додаток 3

Калорійність та окиснюваність основних речовин

Речовина, що окислюється в організмі	Кількість теплоти, що звільняється при окислюванні 1 г речовини, кДж (ккал)	Кількість споживаного О ₂ , л	Кількість теплоти, що звільняється при окислюванні 1 л О ₂ кДж (ккал)
Белки	17,17(4,1)	0,966	19,26(4,60)
Жиры	38,94(9,3)	2,019	19,64(4,69)
Углеводы	17,17(4,1)	0,830	21,14(5,05)

Додаток 4

Величина теплопродукції людини та деяких теплокровних істот.

Об'єкт дослідження	Маса тіла, кг	Теплопродукція за 24 год, кДж(ккал)	
		На 1 кг маси тіла	На 1 м ² поверхні тіла
Людина	64,3	134 (32,1)	4363 (1042)
Миша	0,018	2738 (654,0)	4974 (1188)
Курка	2,0	297 (71,0)	3965 (947)
Гусак	3,5	279 (66,7)	4049 (967)
Собака	15,2	216 (51,5)	4350 (1039)
Свиня	128,0	80 (19,1)	4513 (1078)
Бик	391,0	80 (19,1)	6561 (1567)

Додаток 5

Добова потреба населення України у мінералах									
Вікова групи	<u>Ca</u> , мг	<u>P</u> , мг	<u>Mg</u> , мг	<u>Fe</u> , мг	<u>Se</u> , мг	<u>Cu</u> , мг	<u>Zn</u> , мг	<u>I</u> , мкг	<u>F</u> , мг
0—3 місяці	400	300	50	4	10–15	0,3–0,5	3	40	
4—6 місяців	500	400	60	7	10–15	0,3–0,5	4	50	
7—12 місяців	600	500	70	10	10–15	0,3–0,5	7	60	
1—3 роки	800	800	100	10	10–15	0,3–0,5	10	70	
4—6 років	800	800	120	10	20	1,2	10	90	
6 років (учні)	800	800	150	12	30	1,5	10	100	
7—10 років	1000	1000	170	12	30	1,5	10	120	
11—13 років (хлопчики)	1200	1200	280	12	40	2	15	150	
11—13 років (дівчатка)	1200	1200	270	15	45	1,5	12	150	
14—17 років (хлопці)	1200	1200	400	12	50	2,5	15	200	
14—17 років (дівчата)	1200	1200	300	15	50	2	13	200	
Чоловіки 18—60 років	1200	1200	400	15	70		15	0,15	0,75
Жінки 18—60 років	1100	1200	350	17	50		12	0,15	0,75
чоловіки 60—74 роки	800	1200	400	15			15	0,15	
чоловіки >= 75 років	800	1200	400	15			15	0,15	

жінки 60—74 роки	1000	1200	400	15			15	0,15	
жінки ≥ 75 років	1000	1200	400	15			15	0,15	

Додаток 6

Добова потреба населення України у вітамінах											
Вікові групи	А, мкг	В ₁ , мг	В ₂ , мг	В ₆ , мг	В ₉ , мкг	В ₁₂ , мкг	В ₃ , мг	С, мг	D, мкг	Е, мг	К, мкг
0 — 3 місяці	400	0,3	0,4	0,4	25	0,5	5	30	8	3	5
4 — 6 місяців	400	0,4	0,5	0,5	40	0,5	6	35	10	4	8
7 — 12 місяців	500	0,5	0,6	0,6	60	0,6	7	40	10	5	10
1 — 3 роки	600	0,8	0,9	0,9	70	0,7	10	45	10	6	15
4 — 6 років	600	0,8	1	1,1	80	1	12	50	10	7	20
6 років (учні)	650	0,9	1,1	1,2	90	1,2	13	55	10	8	25
7 — 10 років	700	1	1,2	1,4	100	1,4	15	60	2,5	10	30
11 — 13 років (хлопчики)	1000	1,3	1,5	1,7	160	2	17	75	2,5	13	45
11 — 13 років (дівчатка)	800	1,1	1,3	1,4	150	2	15	70	2,5	10	45
14 — 17 років (хлопці)	1000	1,5	1,8	2	200	2	20	80	2,5	15	65
14 — 17 років (дівчата)	1000	1,2	1,5	1,5	180	2	17	75	2,5	13	55
Чоловіки 18 — 60 років	1000	1,6	2	2	250	3	22	80	2,5	15	
Жінки 18 — 60 років	1000	1,3	1,6	1,8	200	3	16	70	2,5	15	
чоловіки 60 — 74 роки		1,7	1,7	3,3	250	3	15	100	2,5	25	
чоловіки ≥ 75 років		1,5	1,5	3	230	3	13	90	2,2	20	
жінки 60 — 74 роки		1,5	1,5	3	230	3	13	100	2,5	20	

жінки ≥ 75 років		1,5	1,5	3	230	3	13	90	2,2	20	
--------------------------	--	-----	-----	---	-----	---	----	----	-----	----	--