

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНОЇ ТА ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ
«ОЦІНКА ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЛЮДИНИ»
з дисципліни «Виробнича санітарія»
для студентів спеціальності 263 «Цивільна безпека»
спеціалізації 263-1 «Охорона праці»
денної та заочної форм навчання

Харків 2019

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНОЇ ТА ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ
«ОЦІНКА ФІЗИЧНОЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЛЮДИНИ»
з дисципліни «Виробнича санітарія»
для студентів спеціальності 263 «Цивільна безпека»
спеціалізації 263-1 «Охорона праці»
денної та заочної форм навчання

Затверджено
редакційно-видавничою радою
університету,
протокол № 2 від 17.05. 2019 р.

Харків
НТУ «ХП»
2019

Методичні вказівки до виконання самостійної та лабораторної роботи «Оцінка фізичної працездатності людини» з дисципліни «Виробнича санітарія» для студентів спеціальності 263 «Цивільна безпека» спеціалізації 263-1 «Охорона праці» денної та заочної форм навчання / уклад. Васьковець Л.А. – Харків : НТУ «ХП», 2019. – 66 с.

Укладач: Л. А. Васьковець

Рецензент: О. М. Древаль

Кафедра охорони праці та навколишнього середовища

ВСТУП

Збереження здоров'я людини під час виробничої діяльності, підвищення ефективності виробництва та забезпечення високої продуктивності праці ґрунтується на розв'язанні проблем щодо забезпечення високої працездатності працюючих. Їх вирішення тісно пов'язане з кількісною оцінкою працездатності.

Оцінювання працездатності здійснюється з метою:

- визначення функціональних резервів організму при організації трудового процесу;
- обґрунтуванні виробничих норм;
- обґрунтуванні нормативів часу на відпочинок;
- проектуванні та впровадженні раціональних прийомів організації та безпеки праці;
- розробки ергономічних заходів щодо покращення організації робочих місць;
- диференціальної діагностики окремих захворювань;
- профвідбору;
- медико-соціальної експертизи та ін.

Мета роботи: навчитися оцінювати фізичну працездатність людини, опанувати методики визначення антропометричних характеристик, функціонального стану дихальної, серцево-судинної та нервової систем.

1. Загальні положення

Трудова діяльність людини, як складова її життєдіяльності, забезпечується працездатністю при інтегруючому і координуючому впливі центральної нервової системи.

Працездатність – стан людини, за якого сукупність фізичних, розумових та емоційних можливостей дає змогу працівнику виконувати роботу визначеного змісту, обсягу та якості. Вона визначає здатність організму витримувати різні навантаження (м'язові, нервові та ін.) у процесі праці.

Стан людини, обумовлений можливістю фізіологічних і психічних функцій організму, що характеризують його здатність виконувати конкретну кількість роботи заданої якості за необхідний інтервал часу характеризує її *працеспроможність*.

Розрізняють працездатність *загальну* (здатність до виконання роботи в звичайних умовах), *професійну* (здатність до виконання роботи певної професії), *спеціальну* (здатність до виконання робіт у певних виробничих або кліматичних умовах – під землею, у тропіках, тощо).

Загальний рівень працездатності конкретної людини це максимально можливий її психофізіологічний потенціал. Він визначається такими факторами, як:

- стан здоров'я;
- м'язова сила і витривалість та їх співвідношення;
- властивості нервових процесів (сила, рухливість, врівноваженість);
- біоенергетичні процеси і резерви організму;
- психічні функції.

Він залежить від віку і статі людини, соціально-економічних умов життя і праці. Для конкретної людини загальний рівень працездатності є

досить стабільним, але може змінюватися з віком або при несприятливих умовах праці тощо.

Розрізняють *повну, часткову та залишкову працездатність*. Під повною працездатністю розуміють здатність людини до праці без обмежень, а під частковою – з певними обмеженнями. Залишкова працездатність спостерігається у людей старшого віку і зумовлена зменшенням фізіологічного потенціалу внаслідок старіння.

Загальна працездатність характеризується *фізичною* і *розумовою працездатністю* та емоційною стійкістю людини і реалізується в процесі праці як *професійна працездатність*.

Фізична працездатність – потенційна здатність людини проявити максимум фізичного зусилля при статичній, динамічній та змішаній роботі. Вона характеризує можливості людини виконувати робочі дії, що потребують фізичних зусиль, протягом заданого часу з заданою ефективністю.

При *статичній роботі* м'язове скорочення не пов'язане з рухом частин тіла, напруження м'язів розвивається без зміни їх довжини. Таке скорочення м'яза називається ізометричним. У процесі праці воно пов'язане із підтриманням у нерухомому стані предметів і знарядь праці, а також підтриманням робочої пози. Робота, при якій напруження м'язів супроводжується зміною їхньої довжини і переміщенням у просторі тіла або якоїсь ланки рухового апарату, називається *динамічною*, а скорочення м'язів – ізотонічним. При *змішаній роботі* присутнє поєднання ізометричного та ізотонічного напруження м'язів.

Фізична працездатність є інтегративним показником можливостей людини і визначається низкою об'єктивних факторів. До них відносяться:

- тілобудова і антропометричні показники;
- потужність і ефективність механізмів енергопродукції аеробним і анаеробним шляхом;

- сила і витривалість м'язів;
- нейром'язова координація;
- стан опорно-рухового апарату;
- нейроендокринна регуляція як процесів енергоутворення, так і використання наявних в організмі енергоресурсів;
- психічний стан.

Рівень фізичної працездатності надто індивідуальний і залежить від статі, віку, стану здоров'я, рухової активності та ін.

***Розумова працездатність** – здатність людини сприймати та переробляти максимально можливий об'єм інформації за певний інтервал часу. Вона визначається багатьма факторами, головними серед яких є індивідуально-типологічні особливості, рівень стану здоров'я, мотивація, настрої та ін.*

***Професійна працездатність** характеризує здатність людини якісно виконувати роботу, що передбачена конкретною професією, яка дозволяє реалізувати трудову зайнятість у певній сфері виробництва у відповідності до вимог змісту і обсягу виробничого навантаження, установленого режиму роботи та умов виробничого середовища.*

Професійна працездатність залежить:

- від трудових навантажень;
- умов виробничого середовища;
- професійної підготовки і професійної придатності до даного виду праці;
- мотивації.

Вона зазнає закономірних коливань протягом робочої зміни, доби, тижня тощо. Для кожного працівника існує певний рівень функціональної мобілізації організму без його перенапруження, який забезпечує найвищу ефективність праці. За думкою фахівців він вважається рівнем професійної працездатності працівника.

За Державними санітарними нормами та правилами «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» основними виробничими факторами, що викликають тимчасове або стійке зниження працездатності працівників, є наступні:

1) фізичні фактори:

– мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання);

– барометричний тиск;

– неіонізуючі електромагнітні поля та випромінювання: електростатичні поля, постійні магнітні поля, електричні та магнітні поля промислової частоти (50 Гц), електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону, електромагнітні випромінювання оптичного діапазону, зокрема лазерне та ультрафіолетове;

– іонізуючі випромінювання;

– виробничий шум, ультразвук, інфразвук;

– вібрація (локальна, загальна);

– освітлення: природне (відсутність або недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо);

– іонізація повітря;

2) хімічні фактори:

речовини хімічного походження, деякі речовини біологічної природи, які отримані хімічним синтезом та/або для контролю яких використовуються методи хімічного аналізу, аерозолі фіброгенної дії (пил);

3) біологічні фактори:

мікроорганізми – продуценти, живі клітини та спори мікроорганізмів, що містяться в бактеріальних препаратах, патогенні мікроорганізми;

4) фактори трудового процесу:

– важкість (тяжкість) праці – характеристика трудового процесу, що відображає рівень загальних енергозатрат, переважне навантаження на опорно-руховий апарат, серцево-судинну, дихальну та інші системи;

– напруженість праці – характеристика трудового процесу, що відображає навантаження переважно на центральну нервову систему, органи чуттів, емоційну сферу працівника.

2. Методи оцінки показників фізичної працездатності

Для оцінки працездатності застосовуються три групи показників – виробничі, фізіологічні і психологічні, які характеризують результати виробничої діяльності, фізіологічні зрушення і зміни у психічних функціях людини в процесі праці.

До виробничих показників належать:

- продуктивність праці – виробіток продукції за одиницю часу;
- трудомісткість роботи – витрати часу на виробничу операцію;
- якість роботи (продукції) – наявність браку;
- втрати робочого часу і простої устаткування з вини працівника.

До фізіологічних показників належать:

- величина енергозатрат;
- частота пульсу, ударний і хвилинний об'єм крові;
- м'язова сила;
- м'язова витривалість;
- час сенсомоторних реакцій;
- частота дихань, легенева вентиляція, коефіцієнт споживання кисню;
- сила, рухливість, урівноваженість процесів збудження і гальмування;
- критична частота злиття миготінь;
- тремор (тремтіння рухової ланки);

– температура шкіри.

До психологічних показників відносяться:

– увага (концентрація, переключення, розподіл);

– мислення;

– пам'ять;

– сприймання;

– емоційно-вольове напруження.

Оцінка працездатності за виробничими показниками базується на застосуванні економіко-статистичних методів, хронометражних спостережень, фотографії робочого дня і використання устаткування, фотохрометражі, самофотографії.

Працездатність за фізіологічними показниками вивчають щонайменше на трьох фізіологічних системах або функціях:

– центральній нервовій системі, зокрема динаміці коркових процесів;

– ключових фізіологічних функціях для даного виду праці;

– функціях, які найменш навантажені.

Оцінку збудливості, сили і рухливості нервових процесів проводять за:

– станом аналізаторів методом визначення критичної частоти злиття мерехтінь (КЧЗМ);

– часом сенсомоторної реакції методом рефлексометрії.

Для вимірювання показників м'язової сили і витривалості використовуються методи динамометрії.

Вивчення стану серцево-судинної системи працівників проводиться методом електрокардіографії, пульсометрії і вимірювання артеріального кров'яного тиску.

Функціональний стан органів дихання людини в процесі праці оцінюється за ритмом, частотою і глибиною дихальних рухів, а також шляхом визначення життєвої ємності легень, хвилинного об'єму дихання,

максимальної легеневої вентиляції. Із цією метою використовують такі методи, як пневмографія і спірометрія.

Дихальний об'єм, життєву ємність легень визначають за допомогою спірометра. Розрахунковим методом визначають хвилинний об'єм дихання. За показниками газообміну і споживання кисню можна розрахувати затрати енергії на виконання роботи.

Для дослідження психічних функцій найчастіше застосовують спеціальні тести.

За результатами досліджень розраховують інтегральний показник працездатності у момент кожного спостереження (K_{int}):

$$K_{int} = \frac{\sum k_{yz}}{n}, \quad (1)$$

де n – кількість методик, що застосовувалися у дослідженнях працездатності; k_{yz} – узагальнений показник змін функціонального стану організму людини у процесі праці:

$$k_{yz} = \frac{\alpha - \beta}{\alpha + \beta + \gamma}, \quad (2)$$

де α – кількість випадків, де реєструвалися зміни порівняно з даними, що отримані до роботи; β – кількість випадків покращення показників; γ – кількість випадків, де показники погіршувалися.

Значення K_{int} змінюється від + 1 до – 1. Знак «мінус» свідчить про погіршення функціонального стану працівника, а отже, і працездатності.

Розраховані інтегральні показники працездатності за кожний момент спостереження використовуються для побудови кривої працездатності протягом робочої зміни.

Фізична працездатність визначається функціональним станом людини та впливом виробничих факторів. З огляду на це, найбільш адекватне уявлення про фізичну працездатність можна отримати на підставі оцінки функціонального стану організму. В останній час для цього все більше застосовуються різноманітні функціональні проби. Головними завданнями яких є оцінка ступеня і характеру реакції як окремих органів і систем, так і організму в цілому на навантаження. Навантаження – це стрес, здатний виявити порушення з боку різних систем, яких немає у спокої, тому його використовують для оцінки функціонального стану організму.

Функціональна проба – це точно дозований вплив на організм того чи іншого фактору, який дозволяє вивчити реакцію фізіологічних систем на конкретний подразник, що дозволяє отримати уяву про функціонування організму в умовах виробничої діяльності.

Залежно від специфіки виробничої діяльності для оцінки працездатності можуть бути застосовані конкретні функціональні проби на вплив факторів, характерних для тієї чи іншої професії. Однак найчастіше використовують функціональні проби, або їх низку, що характеризують діяльність організму в цілому.

У загальному вигляді схема проведення функціональних проб полягає у наступному:

- дослідження фізіологічних показників у стані спокою;
- вивчення цих показників під дією навантаження;
- аналіз змін досліджуваних показників після періоду відновлення;
- визначення тривалості періоду, протягом якого досліджувані показники повертаються до вихідного рівня.

Залежно від діючих факторів функціональні проби поділяють на такі:

I. Проби з фізичними навантаженнями.

1. Залежно від часу реєстрації показників:

а) проби на відновлення (проба Мартіне-Кушелєвського – 20 присідань за 30 с. Після відпочинку, протягом не менше 3–5 хв., у обстежуваного в положенні сидячи визначають вихідний рівень пульсу та артеріального тиску);

б) тести на зусилля.

2. Залежно від кількості виконаних навантажень:

а) одномоментні: проба Котова і Дешина (3 хв. біг на місці 180 кроків за 1 хв.), проба Руф'є (30 присідань за 45 с); Гарвардський степ-тест (сходження на сходинку 30 разів за 1 хв.), 15-ти секундний біг);

б) двомоментні – повторне виконання навантаження з невеликими інтервалами для відпочинку;

в) трьохмоментні (комбінована проба Летунова та ін.). Проба Летунова складається з 3-х послідовних різноманітних навантажень, які чергуються з інтервалами відпочинку. Перше – 20 присідань (використовується як розминка). Друге – біг на місці протягом 15 сек. з максимальною інтенсивністю (навантаження на швидкість). Третє – біг на місці протягом 3-х хв. в темпі 180 кроків за 1 хв. (навантаження на витривалість). Тривалість відпочинку після першого навантаження, протягом якого вимірюють частоту серцевих скорочень (ЧСС) та артеріальний тиск (АТ), становить 2 хв., після другого – 4 хв. і після третього – 5 хв .

3. Залежно від характеру виконуваних рухів:

а) неспецифічні;

б) специфічні.

4. Залежно від інтенсивності виконуваних навантажень:

а) максимальні. Рівень максимального навантаження розраховують за формулою: $ЧСС_{\text{макс.}} = 220 - \text{вік (років)}$ із стандартним відхиленням до 10–12 ударів за хвилину;

б) субмаксимальні (75 % і менше від максимальних).

Рівень навантаження розраховують за ЧСС за формулою: $ЧСС_{\text{субмакс.}} = (220 - \text{вік (років)} \times 0,85)$. Наприклад, тест Physical Working Capacity (PWC-170). Тест виконується на велоергометрі при пульсі 170 за хвилину, частота педалювання 60–75 обертів за хвилину.

5. Залежно від умов проведення тестування:

- а) тестування у лабораторних умовах;
- б) у виробничих умовах.

II. Проби, пов'язані зі зміною зовнішнього середовища.

1. Дихальні проби:

- а) із затримкою дихання під час вдиху (проба Штанге – вимірюється максимальний час затримки дихання після субмаксимального вдиху);
- б) із затримкою дихання під час видиху (проба Генчи – вимірюється максимальний час затримки дихання на видиху);
- в) із зміною газового складу вдихуваного повітря (гіпоксемічна проба – затримка дихання, дихання у замкнутий простір, дихання газовими сумішами, проба з вдихуванним повітрям з різним вмістом кисню та вуглекислого газу та ін.).

2. Температурні проби:

- а) холодова – аналіз частоти серцевих скорочень при охолодженні стоп ніг водою;
- б) теплова (у термокамері).

III. Проби, пов'язані зі зміною венозного притоку крові до серця.

1. Проби зі зміною положення тіла у просторі:

- а) ортостатична – аналіз змін ЧСС і АТ у відповідь на перехід тіла з горизонтального у вертикальне положення;
- б) кліностатична – аналіз змін ЧСС після переходу із положення стоячи у горизонтальне положення.

2. Проби з напруженням:

а) Бюргера – оцінюється реакція організму на напруження за систолічним тиском. Аналіз змін АТ проводять після тривалого (10 глибоких вдихувань за 20 с) напруження, при якому внутрішньогрудинний тиск підтримується на рівні ≈ 50 мм рт.ст.;

б) Флека – оцінюється вплив напруження на організм (глибокий вдих, а потім видих у мундштук, де підтримується тиск 40 мм рт. ст.) за результатами вимірювання ЧСС;

в) Вальсальви – оцінюється вплив напруження на організм за ЧСС та АТ після субмаксимального вдиху та форсованого видиху при закритому носі і роті протягом 15 секунд у трубку, з'єднану з манометром, створюючи тиск 40 мм рт. ст.

IV. Харчові проби (аліментарні).

1. На толерантність до глюкози,
2. На виведення рідини.

V. Фармакологічні проби (із калієм, атропіном та ін.).

3. Визначення і оцінка фізичної працездатності

Фізична працездатність є поняттям комплексним. Під час оцінки фізичної працездатності враховують наступне:

- антропометричні показники;
- можливість вегетативних систем;
- функціональні можливості м'язів (сила і витривалість);
- потужність, ємкість та ефективність механізмів енергопродукції;
- нейром'язову координацію;
- стан ендокринної системи та ін.

3.1 Антропометричні показники

Сукупність морфологічних і функціональних ознак організму, що дозволяють визначити його фізичну працездатність, є характеристиками *фізичного розвитку людини*.

В основі оцінки фізичного розвитку лежать антропометричні показники. Вони характеризують фізичний розвиток людини і є параметрами її *тілобудови*. Для їх визначення застосовують методику антропометричних досліджень – антропометрію.

Антропометрія (соматометрія) – вимірювання параметрів тіла людини, що дозволяють отримати кількісну оцінку особливостей фізичного розвитку, ступінь його відповідності віку та статі, відхилення в ньому тощо. Антропометричні показники використовують для проектування раціональних умов праці, так як вони є підґрунтям для розрахунків просторової організації робочого місця.

До антропометричних показників належать соматометричні та стоматоскопічні ознаки. Із *соматометричних* визначають довжину, масу тіла, окружність та екскурсію грудної клітки, із *стоматоскопічних* – стан підшкірної жирової клітковини, розвиненість (надмірна, помірна, недостатня), розвиненість м'язової системи та ін.

Довжину тіла (стоячи і сидячи) – вимірюють за допомогою ростоміра (рис. 1). Ростомір представляє собою укріплену на площадці вертикальну стійку з пересувною планкою і відкидною лавкою. Вертикальна стійка має дві шкали: світлу для вимірювання росту стоячи і темну для вимірювання росту сидячи.

При вимірюванні довжини тіла стоячи досліджуваний встає на площадку ростоміра босоніж спиною до стійки зі шкалою і торкається її трьома точками – п'ятами, крижами та міжлопатковою ділянкою. Голова не повинна торкатися ростоміра, а повинна бути злегка нахилена так, щоб верхній край зовнішнього слухового проходу та зовнішній кут ока

розміщувались на одній горизонтальній лінії. Вимірювання проводиться з точністю до 0,5 см.

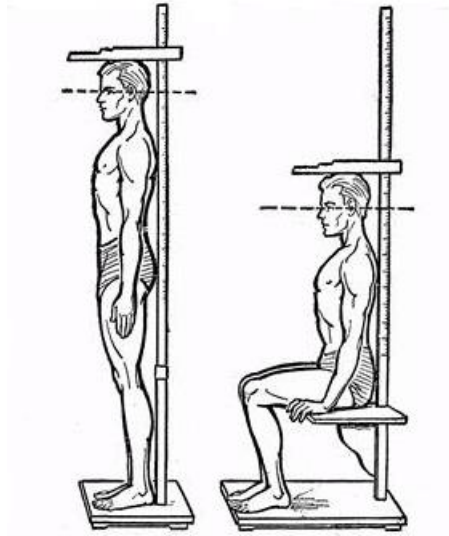


Рисунок 1 – Вимірювання росту стоячи і сидячи

Масу тіла вимірюють на звичайних стандартних десятинних медичних терезах, чутливістю до 50 г. Обстежуваний без верхньої одежі та взуття обережно стає на середину платформи терезів.

Окружність грудної клітки та її екскурсію вимірюють сантиметровою стрічкою у вертикальному положенні обстежуваного. Сантиметрову стрічку накладають ззаду під нижніми кутами лопаток, спереду – у чоловіків, у жінок – над молочними залозами, на рівні прикріплення IV ребра до грудини (рис. 2).



Рисунок 2 – Вимірювання окружності грудної клітки

Окружність грудної клітки вимірюється (не відриваючи стрічки від обстежуваного) в трьох положеннях: під час паузи, під час максимального вдиху і повного видиху. При цьому слід звертати увагу на те, щоб обстежуваний під час вдиху не згибав спину і не піднімав плечей, а під час видиху – не зводив їх уперед і не нахилився. Різниця між величинами окружностей в фазі вдиху та видиху визначає ступінь рухливості грудної клітки – екскурсію (розмах) – важливий функціональний показник. У нормі екскурсія грудної клітки залежно від довжини тіла і об'єму грудної клітки дорівнює у дорослих чоловіків 6–8 см, у жінок – 3–6 см. Окружність вимірюють 2–3 рази і записують найкращий результат. Точність вимірювання до 1 см.

Оцінку результатів антропометричних вимірів проводять методом стандартів, тобто шляхом порівняння (зіставлення отриманих даних з середніми (стандартними) величинами, встановленими на великій кількості обстежених того ж віку, статі та зросту або методом індексів.

Метод індексів є спрощеним варіантом визначення корелятивних зв'язків між ознаками фізичного розвитку. Однак, вони мають відносне значення і можуть бути використані лише для орієнтовної оцінки фізичного розвитку. Перевагою даного методу є його простота і легкість використання, недоліком – неточність. Для оцінки фізичного розвитку використовують наступні індекси:

1. Масо-ростовий показник : відношення маси тіла до росту.

Існує 2 варіанти розрахунку даного індексу:

а) **Індекс Кетле** – показує скільки грамів маси тіла припадає на сантиметр росту. Для визначення даного індексу необхідно масу тіла ($m_{заг}$) в грамах поділити на довжину тіла (L) в см:

$$IK = \frac{m_{заг}, г}{L, см}. \quad (1)$$

Оцінка: в нормі величина індексу Кетле у дорослих коливається у межах: 350–400 г/см для чоловіків і 325–375 г/см для жінок; підвищення до 500 і вище – свідчать про ознаки ожиріння, зниження до 300 і нижче – про ознаки пониженого живлення.

б) **Індекс маси тіла (ІМТ)** – широко використовується на практиці. ІМТ – це відношення маси тіла до квадрату росту:

$$\text{ІМТ} = \text{Маса тіла, кг} / \text{довжина тіла, м}^2. \quad (2)$$

Оцінка: якщо індекс маси тіла (ІМТ) менше 15 – це гострий дефіцит маси тіла; від 15 до 18,5 – недостатня маса тіла (МТ); вище 18,5 до 24,9 – нормальна МТ; 25,0–29,9 – надлишкова МТ 30,0–34,9 – ожиріння I ступеня, 35,0–39,9 – ожиріння II ступеня, більше 40 – ожиріння III ступеня.

в) **Індекс проф. Петровського** для визначення ідеальної маси тіла (А) розраховується за формулою

$$A = 50 + (B-50) * 0,75 + (B - 20): 4, \quad (3)$$

де B – зріст, B – вік.

Оцінка: перевищення норми маси тіла до 15 % – початкова стадія ожиріння; надлишкова маса до 30 % – перша стадія ожиріння; друга стадія – надлишкова маса 30–50 %; третя – маса понад 50 %.

2. Зросто-масовий індекс (індекс Брока-Бругша) : придатний лише для оцінки фізичного розвитку дорослих людей, довжина тіла яких знаходиться у межах не нижче 155 см і не вище 185 см. Визначається за трьома формулами

$$\text{Зріст стоячи, см} - 100 = \text{маса тіла, кг (якщо зріст 155–165 см); (4)}$$

$$\text{Зріст стоячи, см} - 105 = \text{маса тіла, кг (якщо зріст 165–175 см); (5)}$$

$$\text{Зріст стоячи, см} - 110 = \text{маса тіла, кг (якщо зріст 175–185 см). (6)}$$

3. Масо-ростовий індекс (індекс струнності) – ІС, вираховується за формулою

$$IC = \text{маса тіла, кг} / \text{зріст, см} - 100. \quad (7)$$

Оцінка: коли індекс менший 0,8 – нездорова низька вага; 0,81–0,9 – стрункість; 0,91–1,0 – середня вага; 1,1 і більше – ожиріння.

4. Індекс Ерісмана : індекс пропорційності розвитку грудної клітки. Він вираховується шляхом віднімання від окружності грудної клітки в спокої в см половини довжини тіла в см:

$$IE = \text{окружність грудної клітки у спокої, см} - 0,5 \text{ довжини тіла, см.} \quad (8)$$

Оцінка: в нормі даний індекс складає +5,8 см для юнаків та +3,8 см – для дівчат і вказує на добре розвинуту грудну клітку. Якщо різниця менша або має негативне значення, це свідчить про вузьку грудну клітку.

5. Показник міцності тілобудови (індекс Піньє):

$$IP = P - (M + O), \quad (9)$$

де IP – величина показника, P – зріст (см), M – маса тіла (кг), O – окружність грудної клітки в стані видиху (см).

Оцінка: різниця менша 10 вказує на міцну тілобудову, від 10 до 20 – добру, від 21 до 25 – середню, від 26 до 35 – слабку, понад 36 – дуже слабку.

За результатами розрахунку IP встановлюють тип тілобудови (табл. 1, рис. 3) та рівня працездатності (табл. 2).

Таблиця 1– Типи тілобудови за В. М.Черноручьким

Індекс Піньє (IP)	Тип тілобудови
30 і більше	Астенічний
10 – 29	Нормостенічний
менше 10	Гиперстенічний

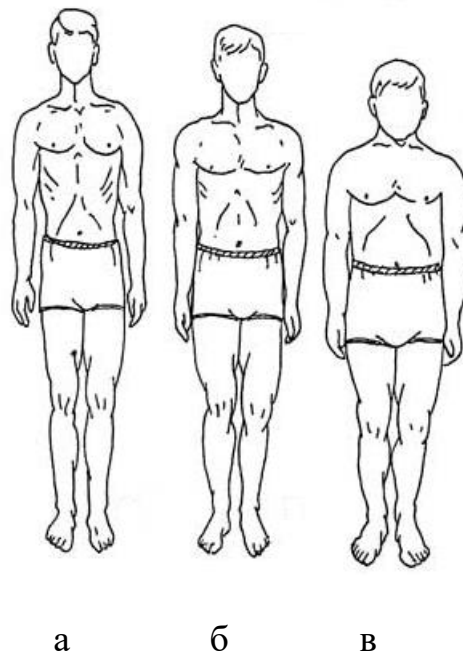


Рисунок 3 – Типи тілобудови: а – астеник; б – нормостеник;
в – гиперстеник

Таблиця 2 – Оцінка працездатності за індексом Піньє

Працездатність	Значення індексу Піньє
Відмінна	0–10
Дуже добра	10,1– 15 та від 0 до –1
Добра	15,1– 25 та від – 1,1 до – 3
Задовільнена	25,1–30 та від – 3,1 до – 5
Пагана	Більше за 30 та менше за – 5

6. Індекс пропорційності тілобудови : характеризує пропорційність довжини нижніх кінцівок відносно до тулуба. Найпоширенішим є індекс Пірке-Бедузі (П-Б):

$$\text{П-Б} = [(\text{ДТ стоячи} - \text{ДТ сидячи}) / \text{ДТ сидячи}] \times 100 \%, (10)$$

де ДТ – довжина тіла, см.

Оцінка: величини даного індексу у межах 87–92 % свідчать про пропорційну тілобудову; якщо індекс менший 87 % – слід вважати, що довжина нижніх кінцівок відносно мала, якщо більший 92 % – що відносно велика.

7. Гармонійність статури (ГС) визначають за формулою:

$$ГС = \left(\frac{A}{ЗР} \right) \cdot 100, \quad (11)$$

де А – обвід грудної клітки в паузі, см; ЗР – зріст, см.

8. М'язовий індекс (МІ) характеризує ступінь збільшення окружності плеча при максимальному напруженні м'язів у порівнянні зі станом спокою:

$$МІ = \frac{ОПН - ОПП}{ОПП}, \quad (12)$$

де ОПН – окружність плеча в напруженні, ОПП – окружність плеча у спокої.

Окружність плеча визначається в напруженому стані м'язів плеча і в спокої. Спочатку окружність плеча вимірюється в напруженому стані, для чого обстежуваний з напруженням згинає руку в лікті. Сантиметрову стрічку накладають в місці найбільшого потовщення біцепса. Потім руку випрямляють і вільно опускають вниз, при цьому стрічку не знімають і не зрушують, щоб зробити вимір у тому ж самому місці. Обчислюють і записують різницю між величинами вимірювань (рис. 4).

Оцінка: 3,1–4,9 – слабкий розвиток м'язів; 5,0–8,0 – середній розвиток м'язів; 8,1–12,0 – добрий розвиток м'язів; 12,1–15,0 – дуже хороша мускулатура; 15,1 і більше – дуже добре розвинена мускулатура.

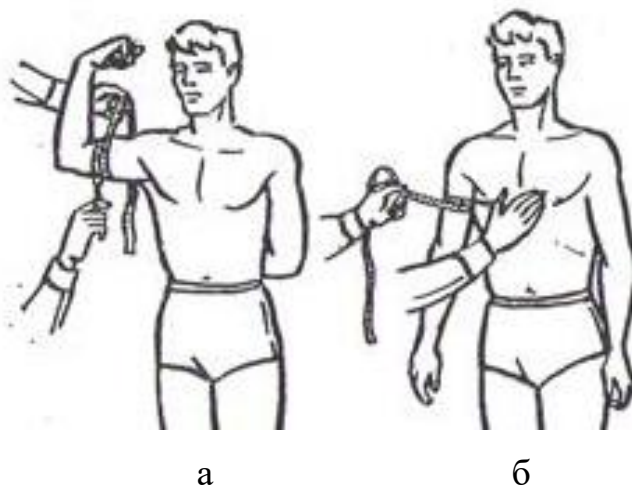


Рисунок 4 – Вимірювання окружності плеча у напруженому стані (а)
і в спокої (б)

3.2 Функціональний стан вегетативної нервової системи

Одним з найбільш простих показників функціонального стану вегетативної нервової системи є вегетативний *індекс Кердо (VI)*. VI дозволяє оцінити вегетативний тонус за параметрами, що характеризують стан серцево-судинної системи: артеріальному тиску (АТ) і частоті серцевих скорочень (ЧСС). Він відбиває вираженість тону симпатичного або парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи.

Баланс активності симпатичного і парасимпатичного відділів ЦНС є важливою індивідуальною характеристикою діяльності організму. Симпатичний відділ центральної нервової системи (ЦНС) підвищує рівень функціонування організму, мобілізує його функціональні резерви, активує діяльність мозку, посилює його захисні реакції. Парасимпатичний відділ ЦНС забезпечує відновлення фізіологічних показників, що змінилися після напруженої роботи, поповнення використаних енергоресурсів. Взаємодія симпатичного і парасимпатичного відділів спрямована на поточну регуляцію функціонального стану та підтримку сталості внутрішнього середовища – гомеостазу.

Індекс Кердо розраховується на підставі значень пульсу і діастолічного тиску за формулою

$$VI = (1 - AT_d / \text{Пульс}) \times 100, \quad (13)$$

де AT_d – діастолічний артеріальний тиск (тиск, заміряний під час розслаблення серцевого м'язу, в інтервалі між скороченнями – систолами.

Для визначення індексу Кердо можна скористатися і номограмою (рис. 5).

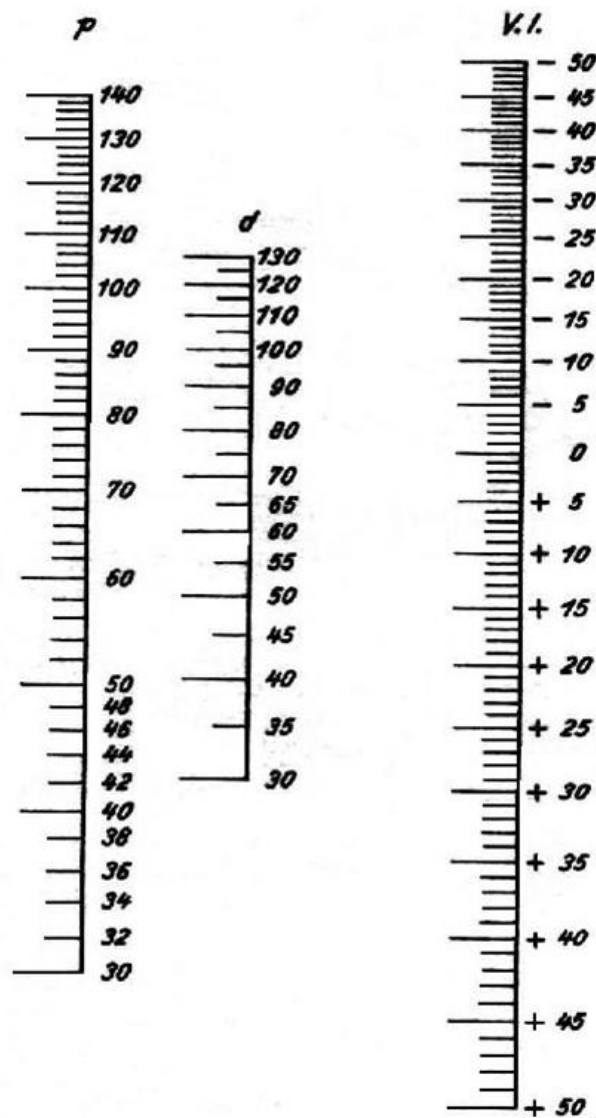


Рисунок 5 – Номограма для розрахунку індексу Кердо:

P – діастолічний тиск; d – пульс; $V.I.$ – вегетативний індекс Кердо

Оцінка вегетативного індексу представлена у табл. 3.

Врівноваженість симпатичних і парасимпатичних впливів свідчить про функціональну рівновагу нервової системи (нормотонія), що характерно для здорової людини. При симпатикотонії – переважає симпатичний тонус (збуджуючий вплив у діяльності вегетативної нервової системи). Парасимпатикотонія – переважає парасимпатичний тонус (гальмівні впливи у діяльності нервової системи).

Таблиця 3 – Оцінка індексу Кердо

Оцінка вегетативного індексу Кердо	
от +16 до +30	симпатикотонія
$\geq +31$	виражена симпатикотонія
від – 16 до – 30	парасимпатикотонія
≤ -30	виражена парасимпатикотонія
від – 15 до +15	нормотонія (врівноваженість симпатичних і парасимпатичних впливів)

Для виконання вимірів необхідні наступне обладнання і матеріали: апарат для реєстрації артеріального тиску, фонендоскоп, секундомір, спирт, вата. Для встановлення ВІ у досліджуваного у стані спокою в положенні сидячи вимірюють пульс (уд/хв.) і артеріальний тиск (мм рт. ст.). Реєстрацію показників проводять наступнім чином.

Вимірювання пульсу проводиться на лівій руці досліджуваного. Для цього покласти руку досліджуваного у розігнутому стані долонею вгору і спертися її на стіл; охопити руку досліджуваного у ділянці лучезап'ясного суглобу так, щоб великий палець знаходився на зовнішньому боці долоні, а вказівний, середній і безім'яний – на внутрішньому, тобто безпосередньо

на променевої артерії (рис. 6). Використовуючи секундомір, підрахувати кількість ударів протягом 1 хвилини. Частота пульсу (ЧСС) в нормі складає 60–80 ударів на хвилину. Якщо пульс ритмічний (з однаковими проміжками між пульсовими хвилями), то його можливо рахувати протягом 15 секунд, помноживши отриману величину на чотири.



Рисунок 6 – Вимірювання пульсу

Вимірювання артеріального тиску здійснюють найчастіше за методом Короткова. Метод Короткова ґрунтується на стисканні плечової артерії манжетою тонометру і прослуховуванні тонів, які виникають під час випускання повітря з манжети. Він затверджений Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ) як офіційний метод виміру артеріального тиску.

Артеріальним тиском називають тиск крові у великих артеріях. Розрізняють наступні показники артеріального тиску:

- систолічний («верхній») – це рівень тиску у той момент, коли відбувається максимальне скорочення серця;
- діастолічний («нижній») – рівень тиску у момент максимального розслаблення серця.

Для вимірювання артеріального тиску за методом Короткова використовують тонометр (сфигмоманометр). Механічний тонометр складається з надувної манжети, однієї трубки, за допомогою якої резервуар манжети з'єднується з грушею, і другої трубки, яка з'єднується з манометром, оснащеним шкалою з поділками (рис. 7). Тони прослуховують за допомогою фонендоскопу (стетоскопу).



Рисунок 7 – Механічний тонометр із стетоскопом для вимірювання артеріального тиску за методом Короткова

Артеріальний тиск вимірюють за таким алгоритмом:

- підготувати апарат для реєстрації артеріального тиску (тонометр), оливи фонендоскопу обробити спиртом;
- досліджуваного розмістити на стільці, покласти ліву руку у розігнутому положенні долонею вверх, м'язи розслабити;
- манжету накладати на оголене плече, \approx на 3 см вище ліктьового згину, і закріпити так, щоб між нею і плечем проходив тільки один палець,

при цьому необхідно забезпечити таке положення руки, при якому середина манжети має знаходитися на рівні серця;

– перевірити положення стрілки манометра відносно нульової позначки шкали;

– намацати пульс в області ліктьової ямки і прикласти до цього місця фонендоскоп;

– закрити вентиль на груші і накачувати повітря у манжету до тих пір, доки показання манометра не досягне приблизно 200 мм рт. ст., тобто до рівня, при якому перестає визначатися пульс на даній артерії;

– відкрити вентиль і поступово випускати повітря з манжети, прислуховуючись до тонів і слідкуючи за показаннями манометра. Поява звуків відповідає максимальному, або систолічному тиску, зникнення – мінімальному, або діастолічному тиску (АТ_д).

Класифікація артеріального тиску за рівнем наведена у табл. 4.

Таблиця 4 – Класифікація артеріального тиску за рівнем

Категорія артеріального тиску	Систолічний, мм. рт. ст.	Діастолічний мм. рт. ст
нормальний	100–130	60–85
оптимальний	< 120	< 80
високий нормальний	130–139	85–89
Артеріальна гіпертензія I ступінь	140–159	90–99
II ступінь	160–179	100–109
III ступінь	≥ 180	≥ 110

3.3 Функціональні можливості м'язів

Для оцінки фізичної працездатності і ступеня розвитку м'язового стомлення проводять дослідження м'язової сили працівників за допомогою *кистьової динамометрії* – методу визначення сили м'язів – згиначів кисті. Для цього використовують ручний динамометр ДРП або інший.

Існують декілька видів динамометра ручного ДРП. Для дорослих людей – це ДРП-90 (рис. 8).



Рисунок 8 – Зовнішній вигляд ручного динамометра ДРП-90

Динамометр беруть в руку циферблатом всередину. Руку витягують в сторону на рівні плеча і максимально стиснути динамометр. Проводять два-три виміри на кожній руці, фіксують кращий результат. Скид показників проводять поворотом регулятора на задній стінці динамометра. Середні показники сили правої кисті (якщо людина правша) у чоловіків – 35–50 кг, у жінок – 15–25 кг; середні показники сили лівої кисті зазвичай на 5–7 кг менше.

На підставі отриманих даних розраховують силовий індекс одним із двох способів.

1. *Силовий індекс кисті (СІК)* за формулою

$$СІК = \frac{F}{m} , \quad (14)$$

де F – сила м'язів кисті руки, кг; m – маса тіла, кг.

Оцінку отриманих результатів проводять за табл. 5.

Таблиця 5 – Оцінка сили м'язів руки

Розвиток сили м'язів руки	Силовий індекс кисті	
	Чоловіки	Жінки
Відмінний	Більше 0,8	Більше 0,6
Добрий	0,7–0,8	0,56–0,60
Задовільнений	0,60–0,69	0,40–0,55
Паганий	Менш ніж 0,6	Менш ніж 0,4

$$2. \text{СІК} = \text{сила кисті (кг)} : \text{маса тіла (кг)} \cdot 100. \quad (15)$$

У цьому випадку вираховується показник сили, що співвіднесений з масою тіла, тобто встановлюється відносна сила, яка виражається у відсотках. Вона характеризує розвиток сили окремих груп м'язів відносно маси тіла. Для нетренованих молодих чоловіків цей показник становить 60–70 % від ваги тіла, для жінок – 45–50 %. Середнім показником сили кисті для чоловіків є 65–75 %, для жінок – 50–60 %.

Серед тестів, що характеризують фізичну працездатність, особливе значення має визначення м'язової витривалості.

М'язова витривалість – це здатність м'язів тривалий час підтримувати зусилля на постійному рівні. Вона забезпечує можливість людини виконувати роботу без зниження її ефективності протягом певного часу.

Максимальна м'язова витривалість визначається підтриманням максимального зусилля протягом однієї хвилини. За допомогою динамометра фіксується значення максимального зусилля на початку і через одну хвилину дослідження. На підставі отриманих даних розраховують *коефіцієнт витривалості (КВ)* за формулою

$$KB = \frac{a}{b}, \quad (16)$$

де *a* – початкове максимальне зусилля, кгс; *b* – зусилля через одну хвилину, кгс.

Напруження на максимальному рівні можливе лише протягом короткого часу, тому витривалість на практиці не може визначатися на рівні максимального зусилля. Для того, щоб порівняти можливості різних людей тестування проводять на певному рівні зусилля. Витривалість до статичних навантажень оцінюється часом підтримання людиною зусилля на рівні 50–75 % максимального. Витривалість до динамічного навантаження визначається тривалістю виконання ритмічної роботи на рівні 50 % від максимального зусилля в темпі один раз за одну секунду.

Оцінка витривалості м'язів зводиться до визначення *коефіцієнту зниження статичного зусилля* ($K_{з.с.з.}$). Для цього визначають, на скільки знизилася максимальне напруження м'яза через одну хвилину, і відносять це значення до середньої абсолютної величини напруження :

$$K_{з.с.з.} = \frac{2(a - б)}{a + б}, \quad (17)$$

де a – початковий рівень напруження м'яза, кгс; $б$ – кінцевий рівень напруження м'яза, кгс.

На підставі даних вимірювання м'язової сили (максимальної і через одну хвилину) можна обчислити *коефіцієнт статичного зусилля* ($K_{с.з.}$) :

$$K_{с.з.} = 1 - \frac{a - б}{a}. \quad (18)$$

М'язову витривалість можна визначити й за часом утримання 50 % навантаження. Ця методика дозволяє вивчити збудливість і силу нервових процесів кори великих півкуль головного мозку. Спочатку за допомогою динамометру визначають силу м'язів кисті правої руки. Досліджуваний у позі «стоячи» з витягнутою вперед рукою і кілька вниз з максимальним зусиллям стискає динамометр. Величина максимального відхилення стрілки приладу заноситься у протокол.

Для визначення статичної витривалості досліджуваній стискає динамометр і утримує стрілку приладу на цифрі, що відповідає 50 % максимального зусилля. Необхідною умовою проведення тесту є дотримання заданого зусилля тільки до слабо вираженого почуття стомлення у м'язах передпліччя. Час утримання стрілки приладу на постійному рівні фіксується секундоміром та заноситься у протокол. Він визначає рівень статичної витривалості. Час утримання 50 % м'язового навантаження (витривалість) повинен бути не менше 10 секунд.

Співвідношення між м'язовою силою і витривалістю людини характеризує її працездатність. Вимірювання м'язової сили і визначення коефіцієнта статичного зусилля у працівників протягом робочого дня дозволяють оцінити динаміку їх працездатності і рівень фізичного напруження праці. Якщо зниження витривалості працівника не перевищує 10 % порівняно з доробочим рівнем, то така праця характеризується незначним фізичним напруженням; від 10–35 % – середнім, понад 35 % – сильним напруженням.

3.4 Функціональний стан дихальної системи

Максимальний рівень м'язової роботи людини обмежений індивідуальними затратами енергії, яка вивільнюється підчас окислювальних процесів в організмі. Підтримання в організмі оптимального рівня окислювально-відновлювальних процесів забезпечується системою дихання.

Дихання – це сукупність складних процесів, внаслідок яких відбувається споживання організмом кисню і виділення вуглекислого газу. Розрізняють зовнішнє та внутрішнє (тканинне) дихання. Зовнішнє дихання – це обмін повітря між зовнішнім середовищем та легневими альвеолами. Внутрішнє дихання – це споживання клітинами кисню і виділення ними вуглекислого газу.

Показниками функціонування дихальної системи є: **частота дихання, життєвий об'єм легень, об'єм легеневої вентиляції.**

У здорових людей у віці від 20 до 40 років у стані спокою частота дихання складає 10–14 циклів на хвилину. Під час роботи максимальна інтенсивність частоти дихальних рухів може перевищувати 60 рухів на хвилину, але ефективне засвоєння кисню повітря, що вдихається, залишається постійним, починаючи з частоти дихання 30–40. Подальше підвищення частоти дихання, що спостерігається в екстремальних умовах роботи, не супроводжується зростанням споживання кисню. Таку роботу прийнято вважати малоефективною, що виснажує організм. За показником частоти дихання працівника у процесі праці можна обчислити витрати енергії за хвилину, ккал :

$$E = 0,198 ng - 3,06, \quad (19)$$

де ng – частота дихання за хвилину.

При спокійному вдиханні людина вдихає приблизно $500\text{--}600\text{ см}^3$ повітря. Ця кількість повітря називається **парціальним або дихальним об'ємом** (ДО). При зусиллі людина може вдихнути ще 1500 см^3 додаткового повітря (резервний об'єм вдиху PO вдиху). Після спокійного видиху людина може видохнути при зусиллі ще 1500 см^3 повітря. Це - **резервний об'єм видиху** (PO видиху) (рис. 9).

Дихальний об'єм і резервний об'єм вдиху і видиху складає у сумі життєву ємність легень (ЖЄЛ) :

$$\text{ЖЄЛ} = \text{ДО} + PO \text{ вдиху} + PO \text{ видиху}. \quad (20)$$

Життєва ємність легень у середньому складає 3500 см^3 . ЖЄЛ залежить від віку, статі, зросту та ін. характеристик людини. Показники ЖЄЛ коливаються: від $3500\text{--}4800\text{ см}^3$ – у чоловіків та $3000\text{--}3500\text{ см}^3$ – у жінок. У спортсменів вона

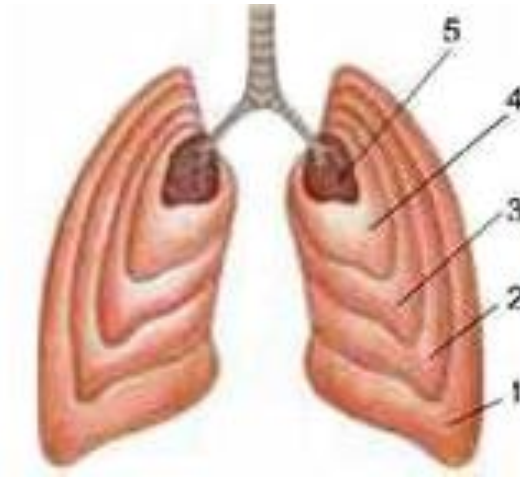


Рисунок 9 – Загальна ємність легень :

1 – глибокий вдих; 2 – спокійний вдих; 3 – спокійний видих;
4 – глибокий видих; 5 – залишковий об'єм

досягає 6000–7000 см³. Визначають ЖЄЛ за допомогою приладу - спірометра (рис. 10).

Легенева вентиляція – це кількість повітря, яке проходить через легені за одиницю часу (одну хвилину). Вона залежить від частоти дихання та об'єму одного вдиху (кількість повітря, яку людина вдихає).



Рисунок 10 – Зовнішній вигляд сухого портативного спірометра

Виділяють парціальний і хвилинний об'єм легеневої вентиляції. Парціальний об'єм вентиляції - це об'єм повітря, що проходить через легені за один цикл дихання (вдих и видих). У середньому в спокої парціальний об'єм складає 500–600 см³ повітря.

Хвилинний об'єм легеневої вентиляції - це об'єм повітря, що проходить через легені за хвилину, він залежить від парціального об'єму і частоти дихання. При частоті 10–18 дихальних циклів у хвилину забезпечується хвилинний об'єм 5–8 дм³. При підвищенні частоти дихання при виконанні фізичної роботи зростає і парціальний і хвилинний об'єми легеневої вентиляції. При високо інтенсивній фізичній роботі парціальний об'єм досягає 2500 мл, а хвилинний об'єм – 120 дм³ і вище. У тренуваних людей ці показники значно вище і перевищують в 1,5–2 рази показники дорослої молодшої людини. Ефективність засвоєння кисню при інтенсивній фізичній роботі обмежується можливостями альвеолярної проникливості, здатністю приєднання кров'ю кисню і швидкістю кровотоку як функції серцево-судинної системи. У цих умовах у здорової молодшої людини *максимальне засвоєння кисню у хвилину складає 3 дм³*. Хоча людина здатна виконувати і більшу роботу, але це відбувається в умовах неоптимальних для систем організму. Звичайно такий рівень споживання кисню у хв. (3 дм³) досягається при частоті пульсу 170–180 ударів у хв.

Максимальна вентиляція легень (МВЛ) – це гранично можлива кількість повітря, яка може бути провентильована через легені в одиницю часу. У зв'язку з великими коливаннями МВЛ величину МВЛ приводять до необхідної (НМВЛ) за формулою

$$\text{НМВЛ} = 1/2\text{ЖЄЛ} \cdot 35. \quad (21)$$

Показником граничних енергетичних витрат організму є величина **максимального споживання кисню (МСК)**.

Максимальне споживання кисню – це кількість кисню, що споживає людина протягом 1 хв. в умовах, коли подальше збільшення інтенсивності навантаження вже не викликає приросту споживання кисню. Величина максимального споживання кисню характеризує найвищий рівень аеробного обміну при фізичному навантаженні, а отже є показником аеробної здатності організму. Для визначення МСК використовують прямі й непрямі методи.

Дослідження МСК прямими методами ґрунтується на аналізі видихуваного повітря за допомогою газоаналізаторів в умовах максимальних фізичних навантажень. Це досить складні у реалізації методи з використанням спеціальної апаратури.

Непрямі методи визначення МСК засновані на існуючій лінійній залежності між потужністю навантаження та ЧСС або споживанням кисню в умовах субмаксимальних навантажень. Величина МСК встановлюється за розрахунками, номограмами або таблицями. Найбільш поширеними непрямыми методами визначення МСК є метод Астранда та розрахунок за величиною PWC_{170} .

Приблизно МСК можна розрахувати за формулою Ж. Шеррера :

$$МСК = ЖЄЛ \cdot 0,7. \quad (22)$$

Для дорослих чоловіків у віці 25–45 років МСК складає приблизно $3,2 \text{ дм}^3/\text{хв.}$ і у жінок – $2,4 \text{ дм}^3/\text{хв.}$

За відсотком від необхідного максимального споживання кисню (%НМСК) можна визначити рівень працездатності людини. Для цього спочатку визначають НМСК ($\text{см}^3 \cdot \text{хв}^{-1}$) за формулою В.П. Преварського :

а) для чоловіків

$$HMCK_u = \frac{1}{\left(\frac{0,5}{m} - 0,0014\right) \cdot (1 + 0,62 + \text{вік}) + 0,011}, \quad (23)$$

де $HMCK_u$ – необхідне максимальне споживання кисню чоловіків; m – маса тіла;

б) для жінок

$$HMCK_{ж} = \frac{100}{\left(\frac{2824}{m}\right) - 1 \cdot (8,76 + \text{вік}) - 50}, \quad (24)$$

де $HMCK_{ж}$ – необхідне максимальне споживання кисню жінок.

Після встановлення $HMCK$ розраховують відсоток від необхідного максимального споживання кисню (% $HMCK$):

$$\% HMCK = \frac{MCK}{HMCK} \cdot 100\%. \quad (25)$$

Оцінюють працездатність за табл. 6

Таблиця 6 – Оцінка працездатності людини за відсотком від необхідного максимального споживання кисню (% $HMCK$)

Працездатність	% $HMCK$
Низька	50–60
Нижче середнього	61–75
Середня	76–90
Вище середнього	91–100
Висока	> 100

ЖЄЛ вимірюють за допомогою сухого портативного спірометра. Перед початком визначень ЖЄЛ стрілку приладу поворотом виставляють на «0». Після 1–2 максимальних вдихів і видихів, досліджуваний бере у рот мундштук, при цьому закриває ніс, і робить максимальний видих у спірометр. Вимірювання проводять тричі і беруть кращий результат.

Оскільки показники ЖЄЛ залежать від віку, статі, маси тіла, зросту людини, оцінку величини ЖЄЛ необхідно співставляти з необхідною ємністю легень (НЖЄЛ), розраховуючи при цьому показник відсоткового відношення фактичних ЖЄЛ і НЖЄЛ. Це можна зробити за формулами

1) для чоловіків середнього віку:

$$\text{НЖЄЛ} = 40 \cdot \text{зріст (см)} + 30 \cdot \text{вага тіла (кг)} - 4400; \quad (26)$$

2) для жінок середнього віку:

$$\text{НЖЄЛ} = 40 \cdot \text{зріст (см)} + 10 \cdot \text{вага тіла (кг)} - 3800. \quad (27)$$

Разом з цим найчастіше для розрахунків НЖЄЛ використовують формулу

$$\text{НЖЄЛ} = \text{величина основного обміну (ккал)} \cdot k, \quad (28)$$

де k – коефіцієнт : для жінок – 2,3; а для чоловіків – 2,6.

Величину основного обміну (ккал) визначають за таблицями Гарис-Бенедикта (табл. 7, 8), де знаходять фактор ваги (А) і росту (Б). Додаток А+Б є необхідною величиною основного обміну. ЖЄЛ вважається нормальною, якщо вона відрізняється від необхідної не більше ніж на $\pm 10\%$.

Таблиця 7 – Основний обмін, визначений за вагою тіла
(Фактор ваги «А»)

кг	кал	кг	кал	кг	кал	кг	кал	кг	кал	кг	кал
Чоловіки											
3	107	24	296	45	685	65	960	85	1235	105	1510
4	121	25	410	46	699	66	974	86	1249	106	1524
5	135	26	424	47	713	67	988	87	1263	107	1538
6	148	27	438	48	727	68	1002	88	1277	108	1552
7	162	28	452	49	740	69	1015	89	1290	109	1565
8	176	29	465	50	754	70	1029	90	1304	110	1579
9	190	30	479	51	768	71	1043	91	1318	111	1593
10	203	31	493	52	782	72	1057	92	1332	112	1607
11	217	32	507	53	795	73	1070	93	1345	113	1620
12	231	33	520	54	809	74	1084	94	1359	114	1634
13	245	34	534	55	823	75	1098	95	1373	115	1648
14	258	35	548	56	837	76	1112	96	1387	116	1662
15	272	36	562	57	850	77	1125	97	1400	117	1675
16	286	37	575	58	864	78	1139	98	1414	118	1688
17	300	38	589	59	878	79	1153	99	1428	119	1703
18	313	39	603	60	892	80	1167	100	1442	120	1717
19	327	40	617	61	905	81	1180	101	1455	121	1730
20	341	41	630	62	918	82	1194	102	1469	122	1744
21	355	42	644	63	933	83	1208	103	1483	123	1758
22	368	43	658	64	947	84	1222	104	1497	124	1772
23	382	44	672	–	–	–	–	–	–	–	–

Продовження таблиці 7

кг	кал	кг	кал	кг	кал	кг	кал	кг	кал	кг	кал
Жінки											
3	683	24	885	45	1085	65	1277	85	1468	105	1659
4	693	25	894	46	1095	66	1286	86	1478	106	1669
5	702	26	904	47	1105	67	1296	87	1497	107	1678
6	712	27	913	48	1114	68	1305	88	1497	108	1688
7	721	28	923	49	1124	69	1315	89	1506	109	1698
8	731	29	932	50	1133	70	1325	90	1516	110	1707
9	741	30	942	51	1143	71	1334	91	1525	111	1717
10	751	31	952	52	1152	72	1344	92	1535	112	1726
11	760	32	961	53	1162	73	1353	93	1544	113	1730
12	770	33	971	54	1172	74	1363	94	1554	114	1745
13	779	34	980	55	1181	75	1372	95	1564	115	1755
14	789	35	990	56	1191	76	1382	96	1573	116	1764
15	798	36	999	57	1200	77	1391	97	1583	117	1774
16	808	37	1009	58	1210	78	1401	98	1592	118	1784
17	818	38	1019	59	1219	79	1411	99	1602	119	1793
18	827	39	1028	60	1229	80	1420	100	1611	120	1803
19	837	40	1038	61	1238	81	1430	101	1621	121	1812
20	846	41	1047	62	1248	82	1439	102	1631	122	1822
21	856	42	1057	63	1258	83	1449	103	1640	123	1831
22	865	43	1066	64	1267	84	1458	104	1650	124	1841
23	875	44	1076	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблиця 8 – Основний обмін, визначений за віком та зростом
(Фактор віку і зросту «Б»)

см	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45
Чоловіки													
151	614	600	587	573	560	547	533	520	506	493	479	466	452
153	624	611	597	584	570	557	543	530	516	503	489	476	462
155	634	621	607	594	580	567	553	540	526	513	499	486	472
157	644	631	617	604	590	577	563	550	536	523	509	496	482
159	654	641	627	614	600	587	573	560	546	533	519	506	492
161	664	651	637	624	610	597	583	570	556	543	529	516	502
163	674	661	647	634	620	607	593	580	866	553	539	526	512
165	684	671	657	644	630	617	603	590	576	563	549	536	522
167	694	681	667	654	640	627	613	600	586	573	559	546	532
169	704	691	677	664	650	637	623	610	596	583	569	556	542
171	714	701	687	674	660	647	633	620	606	593	579	566	552
173	724	711	697	684	670	657	643	630	616	603	589	576	562
175	734	721	707	694	680	667	653	640	626	613	599	586	572
177	744	731	717	704	690	677	663	650	636	623	609	596	582
179	754	741	727	714	700	687	673	660	646	633	619	606	592
181	764	751	737	724	710	697	683	670	656	643	629	616	602
183	774	761	747	734	720	707	693	680	666	653	639	626	612
185	784	771	757	744	730	717	703	690	676	663	649	636	622
187	794	781	767	754	740	727	713	700	686	673	659	646	632
189	804	791	777	764	750	737	723	710	696	683	669	656	642
191	814	801	787	774	760	747	733	720	706	693	679	666	652
193	824	811	797	784	770	758	743	730	716	703	689	676	662
195	834	821	807	794	780	768	753	740	726	713	699	686	672
197	844	831	817	804	790	778	763	750	736	723	709	696	682
199	854	841	827	814	800	788	773	760	746	733	719	706	692

Продовження таблиці 8

Жінки													
см	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45
151	181	171	162	153	144	134	125	115	106	97	88	78	69
153	185	175	166	156	148	138	129	119	110	100	92	82	73
155	189	179	170	160	151	141	132	122	114	104	95	85	76
157	193	183	174	165	155	145	136	128	118	108	99	90	80
159	196	187	177	167	158	148	140	130	121	111	102	92	84
161	200	191	181	171	162	152	144	134	125	115	106	97	88
163	203	195	185	175	166	156	147	137	128	119	110	100	91
165	207	199	189	180	170	160	151	141	132	123	114	104	95
167	211	203	192	183	173	184	155	145	136	126	117	107	98
169	215	206	196	186	177	167	159	149	140	130	121	111	102
171	218	210	199	190	181	171	162	152	143	134	125	115	106
173	222	213	203	194	185	176	166	156	147	138	129	119	110
175	225	217	207	197	188	179	169	160	151	141	132	123	113
177	229	221	211	201	192	182	173	164	155	145	136	126	117
179	233	223	214	204	195	186	177	167	158	148	139	130	121
181	237	227	218	208	199	190	181	171	162	152	142	134	126
183	240	231	222	212	203	193	184	174	165	156	147	137	128
185	244	235	226	216	207	197	188	179	169	160	151	141	132
187	248	238	229	219	210	201	192	182	173	163	154	145	135
189	252	242	233	223	214	205	196	186	177	167	157	148	139
191	255	245	236	227	218	208	199	190	180	171	162	152	143
193	259	250	240	231	222	215	206	197	188	178	169	160	150
195	262	253	244	234	225	215	206	197	188	178	169	160	150
197	266	257	248	238	229	219	210	201	192	182	173	163	154
199	270	260	251	241	232	223	214	204	195	185	175	167	158

.Розрахунок необхідної життєвої ємності легень можливо також виконати за допомогою номограми Сорисона (рис. 11). Для цього необхідно з'єднати точки, що позначають зріст і масу лінією. Місце перетину буде вказувати на необхідну ємність легень

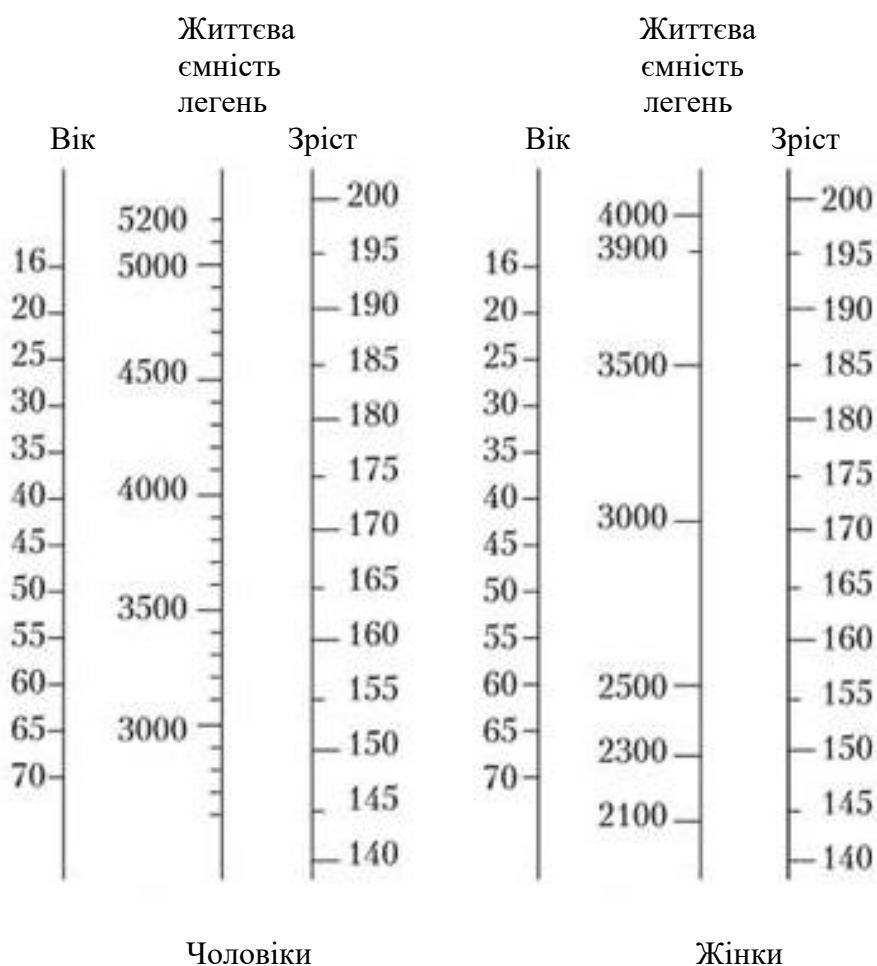


Рисунок 11 – Номограма для визначення необхідної життєвої ємності легень залежно від статі, віку і зросту

Приклад розрахунку.

Студент 19 років, масою 68 кг, зростом 179 см.

За результатами визначення фактичної життєвої ємності легень за допомогою спірометра ЖЄЛ дорівнювала 4500 см³. За таблицями 7 (фактор А) і 8 (фактор Б) знаходимо основний обмін за вагою тіла і віком

та зростом студента. Далі підраховуємо суму отриманих чисел (А + Б) : $1002 + 823 = 1825$. Використовуючи формулу (28), встановлюємо необхідну життєву ємкість легень, що дорівнює додатку основного обміну на коефіцієнт 2,6. $\text{НЖЄЛ} = 1825 \times 2,6 = 4745 \text{ см}^3$. Співставляємо величини ЖЄЛ і НЖЄЛ, розраховуючи при цьому показник відсоткового відношення фактичних ЖЄЛ і НЖЄЛ : $\text{ЖЄЛ/НЖЄЛ} \times 100 = 94,8 \%$. Зважаючи на те, що ЖЄЛ вважається нормальною, якщо вона відрізняється від необхідної не більше ніж на $\pm 10 \%$, робимо висновок: ЖЄЛ студента знаходиться у межах фізіологічної норми.

Залежно від об'єму легеневої вентиляції і споживання кисню за одну хвилину в процесі праці виділяють шість груп робіт за рівнем важкості (табл. 9).

Таблиця 9 – Класифікація важкості робіт за показником легеневої вентиляції і споживання кисню

Рівень важкості роботи	Легенева вентиляція, см³/хв	Споживання кисню, см³/хв
Легка	10–20	0,5–1,0
Середня	20–35	1,0–1,5
Важка	35–50	1,5–2,0
Дуже важка	50–65	2,0–2,5
Надзвичайно важка	65–85	2,5–3,0
Виснажлива	Понад 85	Понад 3,0

3.5 Функціональний стан серцево-судинної системи

Інтегральна працездатність людини в значній мірі залежить від можливостей серцево-судинної системи (ССС). Характеристику діяльності ССС дають на підставі :

- 1) досліджень первинних показників:
 - підрахунку частоти серцевих скорочень (пульсу);

– вимірювань артеріального тиску: діастолічного, систолічного, пульсового та ін.;

2) досліджень початкових та кінцевих значень показників діяльності ССС при проведенні тестових навантажень :

– проба Мартине (дає оцінку здатності до відновлення);

– проба Руф'є (характеризує здатність витримувати динамічне навантаження);

– проба з присіданням (характеризує функціональну повноцінність серцево-судинної системи);

– проба Флака (дає оцінку функції серцевого м'яза);

3) оцінки вегетативного статусу:

– індекс Кердо (вказує на ступінь впливу на серцево-судинну систему вегетативної нервової системи);

– активна ортостатична проба (дає уяву про рівень вегетативно-судинної стійкості);

– ортостатична проба (характеризує функціональну повноцінність рефлекторних механізмів регуляції гемодинаміки і збудливість центрів симпатичної іннервації);

– глазосерцева проба (визначає збудливість парасимпатичних центрів регуляції серцевого ритму);

– кліноstaticна проба (характеризує збудливість центрів парасимпатичної іннервації).

Оцінка результатів навантажувальних проб здійснюється за реакцією серцево-судинної системи. Розрізняють п'ять типів реакцій серцево-судинної системи: нормотонічний, гіпотонічний, гіпертонічний, дістонічний і східчастий.

Для *нормотонічного типу реакції* характерно :

– прискорення частоти пульсу на 60–80 % (в середньому на 6–7 уд. за 10 сек.);

– помірне підвищення систолічного АТ до 15–30 % (15–30 мм рт. ст.);

– помірне зниження діастолічного АТ на 10–15 % (5–10 мм рт. ст.);

– значне підвищення пульсового АТ – на 80–100 %;

– нормальний період процесу відновлювання: у чоловіків складає до 2,5 хвилин, у жінок – до 3-х хвилин.

Цей тип реакції вважається сприятливим, так як свідчить про адекватний механізм пристосування організму до фізичного навантаження.

Для *гіпотонічного (астенічного) типу реакції* характерно :

– значне прискорення пульсу – більш 120–150 %;

– систолічний АТ при цьому незначно підвищується, або не змінюється, або навіть знижується;

– діастолічний АТ найчастіше не змінюється, або навіть підвищується;

– пульсовий АТ найчастіше знижується, а якщо і підвищується, то незначно – всього на 12–25 %;

– значно уповільнений період відновлювання – більш 5–10 хвилин.

Цей тип реакції вважається несприятливим, оскільки механізм адаптації до навантаження незадовільний.

Для *гіпертонічного типу реакції* характерним є :

– значне прискорення пульсу – більше ніж на 100 %;

– значне підвищення АТ систолічного – до 180–200 мм рт. ст. і вище;

– певне підвищення АТ діастолічного – до 90 і вище мм рт. ст., або тенденція до підвищення;

– підвищення пульсового АТ;

– період відновлення суттєво уповільнений (більше 3 хвилин).

Тип реакції вважається несприятливим у зв'язку з тим, що механізм адаптації до навантаження незадовільний.

Для *дістонічного типу реакції* характерно :

- значне прискорення пульсу – більше ніж на 100 %;
- істотне підвищення систолічного АТ (іноді вище 200 мм рт. ст.);
- зниження діастолічного АТ до нуля («феномен нескінченного тону»), яке триває протягом більше 2-х хвилин;
- уповільнення періоду відновлювання.

Тип реакції вважається несприятливим і свідчить про надмірну лабільність системи кровообігу.

Для *східчастого типу реакції* характерно:

- різке збільшення пульсу – більш ніж на 100 %;
- східчасте підвищення систолічного АТ, тобто систолічний АТ, вимірний безпосередньо після навантаження – на першій хвилині – нижче, ніж на 2 або 3 хвилинах періоду відновлювання;
- уповільнений період відновлювання.

Тип реакції вважається несприятливим, тому що механізм адаптації до навантаження незадовільний. Він свідчить про послаблену систему кровообігу, не здатну адекватно і швидко забезпечувати перерозподіл кровотоку, необхідний для виконання м'язової роботи.

Отже, гіпотонічний, гіпертонічний, дістонічний і східчастий типи реакції вважаються патологічними типами реакції серцево-судинної системи на фізичне навантаження. Незадовільним також вважається нормотонічний тип реакції, якщо відновлювання пульсу і АТ відбувається більше 3-х хвилин.

3.5.1 Оцінка функціонального стану серцево-судинної системи за первинними показниками.

Будь-яка робота супроводжується витратами енергії, що проявляється у змінах функціонування серцево-судинної системи. Залежно від важкості роботи збільшується кровопотік за рахунок посилення діяльності серця та розширення капілярів. Це відбивається у збільшенні частоти серцевих скорочень (пульсу), ударного (кількість крові, що виштовхується у судини

за одне скорочення) та хвилинного об'ємів крові (кількість крові, що проходить через кровоносну систему за одну хвилину). Якщо у стані спокою частота пульсу у людини становить 60–80 ударів на хвилину, ударний об'єм – 50– 80 см³, а хвилинний об'єм крові – 5–6 дм³, то під час інтенсивної роботи вони відповідно збільшуються до 180–240 ударів на хвилину, до 100– 150 см³ та 20–30 дм³.

Частота пульсу є одним з основних показників стану серцево-судинної системи під час виконання роботи. За показником частоти серцевих скорочень роботи поділяються на такі групи:

- дуже легкі – до 80 ударів/хв;
- легкі – 80–100 ударів/хв;
- середньої важкості – 100–120 ударів/хв;
- важкі – 120–140 ударів/хв;
- дуже важкі – 140–160 ударів/хв;
- надзвичайно важкі – 160–180 ударів/хв;
- виснажливі – понад 180 ударів/хв.

За висновками фахівців тривалість трудового процесу, що виконується при частоті пульсу більш ніж 140 ударів за хвилину, не повинна перевищувати 6 годин на тиждень. Середньозмінна частота пульсу у працівників не повинна перевищувати 100 ударів за хвилину.

Для оцінки адаптованості серцево-судинної системи до трудових навантажень порівнюють показники систолічного кров'яного тиску і частоти пульсу під час роботи і в стані спокою.

Коефіцієнт підвищення систолічного (максимального) тиску розраховується за формулою

$$K_1 = \frac{P_{c.роб} - P_{c.сп}}{P_{c.сп}}, \quad (29)$$

де $P_{c.роб}$ – систолічний тиск при роботі, мм рт. ст.; $P_{c.сп}$ – систолічний тиск у стані спокою, мм рт. ст.

Коефіцієнт підвищення частоти пульсу розраховується за формулою

$$K_2 = \frac{n_{роб} - n_{сп}}{n_{сп}}, \quad (30)$$

де $n_{роб}$ – частота пульсу під час роботи; $n_{сп}$ – частота пульсу в стані спокою.

Якщо $K_1 > K_2$, то регуляція серцево-судинної діяльності відбувається нормально; якщо $K_1 < K_2$, то має місце серцева недостатність.

Про рівень тренуваності серцево-судинної системи працівника до фізичних навантажень свідчить коефіцієнт витривалості:

$$K_v = \frac{n}{P_n}. \quad (31)$$

Збільшення коефіцієнта витривалості в зв'язку зі зменшенням пульсового тиску є показником детренованості серцево-судинної системи працівника.

Існує певний зв'язок між серцево-судинною і дихальною системами під час праці. Цей зв'язок виражається коефіцієнтом співвідношення пульс–дихання:

$$K_{c.нд} = \frac{n_n}{n_d}, \quad (32)$$

де n_n – частота пульсу, ударів/хв; n_d – частота дихання/хв.

У стані спокою $K_{c.нд}$ становить 4–5, при роботі він збільшується. Чим більше $K_{c.нд}$ наближається до вихідних значень, тим більш злагоджено

працюють системи кровообігу і дихання. Різке збільшення $K_{c.нд}$ свідчить про перенапруження серцево-судинної системи, зниження – про процеси декомпенсації в дихальній системі.

Отже, первинні показники діяльності серцево-судинної системи працівника, що відбивають реакцію організму на навантаження, характеризують рівень його фізичної працездатності. *Якщо частота пульсу після навантаження невисока і швидко відновлюється її вихідний рівень, а також чим менше зростання артеріального тиску, тим вища працездатність працівника.*

Адаптаційний потенціал серцево-судинної системи встановлюють також і за розрахунковим індексом Р. М. Баєвського із співавт., 1987. Його визначають на підставі реєстрації таких показників: віку, маси тіла, зросту, частоти серцевих скорочень та артеріального тиску.

Розрахунок здійснюється за формулою

$$\begin{aligned} \text{АП} = & 0,011 \cdot \text{ЧСС} + 0,014 \cdot \text{АТ}_c + 0,008 \cdot \text{АТ}_d + 0,014 \cdot \text{В} + 0,09 \cdot \text{МТ} - \\ & - (0,009 \cdot \text{Р} + 0,27), \end{aligned} \quad (33)$$

де АП – адаптаційний потенціал; В – вік, років; МТ – маса тіла, кг; Р – зріст, см; АТ_c – артеріальний систолічний тиск, мм рт. ст.; АТ_d – артеріальний діастолічний тиск, мм рт. ст.; ЧСС – частота серцевих скорочень, уд/хв.

Загальна оцінка АП системи кровообігу оцінюється за шкалою табл. 10.

Для визначення працездатності серцево-судинної системи можливо застосувати наступні показники :

– **коефіцієнт економізації кровообігу (КЕК)**, що обчислюється за формулою

$$\text{КЕК} = (\text{АТ}_c - \text{АТ}_d) \cdot \text{ЧСС}. \quad (34)$$

Таблиця 10 – Оцінка адаптаційного потенціалу серцево-судинної системи

Рівень адаптаційного потенціалу	Оцінка адаптаційного потенціалу
2,1 і менше	Задовільний (задовільна адаптація)
2,1–3,2	Напруга механізмів адаптації
3,21–4,3	Незадовільний (незадовільна адаптація)
4,31 і більше	Зрив механізмів адаптації

У здорової людини показник КЕК дорівнює 2600. Збільшення показника КЕК вказує на утруднення роботи серцево-судинної системи;

– *коефіцієнт витривалості серцево-судинної системи (КВ)*, що розраховується за формулою Кваса

$$KB = \frac{ЧСС \cdot 10}{P}, \quad (35)$$

де P – пульсовий тиск ($АТ_c - АТ_d$).

У нормі КВ дорівнює 16. Його збільшення свідчить про те, що серцево-судинна система перебуває у стані послабленої активності, а зменшення – підвищеної активності.

Для прогнозування працездатності людини визначається *рівень фізичного стану (РФС)* на підставі вимірів зросту, маси тіла, ЧСС у стані спокою, АТ у стані спокою. Це показник, який характеризує максимальну працездатність людини.

Розрахунок РФС ведеться за формулою

$$P\Phi C = \frac{700 - (3 \cdot ЧСС + 2,5AT_{сер.} + 2,7 - 0,28MT)}{350 - 2,6B + 0,21P}, \quad (36)$$

де ЧСС – частота серцевих скорочень за 1 хвилину у спокійному стані;
 $AT_{сер.}$ – артеріальний тиск середній у стані спокою, який розраховується за формулою, що зазначена нижче; В – вік, у роках; МТ – маса тіла, у кг;
 Р – зріст, у см.

Середній тиск ($AT_{сер.}$) розраховується за формулою

$$AT_{сер.} = АД_{д} + 1/3 ПТ, \quad (37)$$

де ПТ – пульсовий тиск.

Розрахунок РФС здійснюється також і за формулою

$$P\Phi C = \frac{W_{max}}{350 - 2,6 \cdot B + 0,21P}, \quad (38)$$

де W_{max} – максимальна потужність навантаження, Вт.

Вона дорівнює :

$$W_{max} = 700 - (3 \cdot ЧСС) - (AT_{сер.} \cdot 2,5) - (2,7 \cdot B) + (0,28 \cdot MT). \quad (39)$$

Рівень працездатності оцінюють за шкалою табл. 11 .

Таблиця 11 – Оцінка рівня фізичного стану

Рівень фізичного стану		Оцінка фізичного стану
Чоловіки	Жінки	
0,225–0,375	0,157–0,260	Низький
0,376–0,525	0,261–0,365	Нижче за середній
0,526–0,675	0,366–0,475	Середній
0,676–0,825	0,476–0,575	Вище за середній
0,826 і вище	0,576 і вище	Високий

3.5.2 Оцінка функціонального стану серцево-судинної системи за тестовими навантаженнями.

Пристосування серцево-судинної системи до фізичних навантажень оцінюють за *показником якості реакції (ПЯР)*. Його розраховують за формулою

$$ПЯР = \frac{РД_2 - РД_1}{P_1 - P_2}, \quad (40)$$

де $РД_1$ – пульсовий тиск до навантаження; $РД_2$ – пульсовий тиск після навантаження; P_1 – пульс до навантаження; P_2 – пульс після навантаження.

Пульсовий тиск (Р) визначають за формулою

$$P = АТ_c - АТ_d, \quad (41)$$

де $АТ_c$ – артеріальний тиск систолічний; $АТ_d$ – артеріальний тиск діастолічний.

Оцінка ПЯР:

0,1–0,2 – нераціональна реакція;

0,3–0,4 – задовільна реакція;

0,5–1,0 – добра реакція;

> 1,0 – нераціональна реакція.

Стан функціонування серцево-судинної системи після комплексного навантаження досліджують на підставі вимірювання ЧСС за *функціональним індексом Квега (ІК)*:

$$ІК = \frac{t \cdot 100}{2 \cdot (П_1 + П_2 + П_3)}, \quad (42)$$

де t – тривалість навантаження, сек.

Вимірювання ЧСС проводять відразу після навантаження в сидячому положенні за 30 секунд (Π_1), другий показник ЧСС вимірюють через 2 хвилини (Π_2), а третій – через 4 хвилини (Π_3).

Комплексне навантаження включає загалом триває 5 хвилин і складається з наступного:

- 1) 30 присідань за 30 секунд;
- 2) максимальний біг на місці – 30 секунд;
- 3) біг на місці з частотою 150 кроків/хвилину потягом 3-х хвилин;
- 4) підскоки із скакалкою – 1 хвилина.

Стан функціонування серцево-судинної системи оцінюють за табл. 12.

Таблиця 12 – Оцінка стану функціонування серцево-судинної системи

Стан функціонування серцево-судинної системи	Індекс Квега
Дуже добрий	105 і більше
Добрий	99–104
Задовільнений	93–98
Поганий	92 і нижче

Ортостатична проба. Після перебування в положенні лежачи протягом не менше ніж 5 хв. у досліджуваного підраховують частоту пульсу за 15 сек. і результат помножують на 4. Тим самим визначають вихідну частоту серцевих скорочень за 1 хв. Після чого досліджуваний повільно (за 2–3 сек.) встає. Відразу після переходу у вертикальне положення, а потім через 3 хв. стояння (тобто коли показник ЧСС стабілізується) у нього знов визначають частоту серцевих скорочень (за даними пульсу за 15 сек., помноженими на 4).

Оцінка. Нормальною реакцією на пробу є збільшення ЧСС на 10–16 ударів за 1 хв. відразу після підйому. Після стабілізації цього

показника через 3 хв. стояння ЧСС дещо зменшується, але на 6–10 ударів за 1 хв. вища ніж у горизонтальному положенні. Сильніша реакція свідчить про підвищену реактивність симпатичної частини вегетативної нервової системи, що притаманне особам з недостатньою працездатністю. Слабша реакція спостерігається у разі зниженої реактивності симпатичної частини і підвищеного тону парасимпатичної частини вегетативної нервової системи. Слабша реакція, як правило, характерна для людей з високим рівнем фізичної працездатності (табл. 13).

Кліностатична проба. Дану пробу проводять у зворотному порядку: ЧСС визначається після 5 хв. спокійного стояння, потім після повільного переходу у положення лежачи, і, нарешті, після 3 хв. перебування у горизонтальному положенні. Пульс підраховують також за 15-ти секундним інтервалом часу, помножуючи результат на 4.

Оцінка. Для нормальної реакції характерно зниження ЧСС на 8–14 ударів за 1 хв. відразу після переходу в горизонтальне положення і деяке підвищення показника після 3 хв. стабілізації, але ЧСС при цьому на 6–8 ударів за 1 хв. нижча, ніж у вертикальному положенні. Більше зниження пульсу свідчить про підвищену реактивність парасимпатичної частини вегетативної нервової системи, менше – про знижену реактивність (табл. 13).

Проба з підскоками. Попередньо порахувавши пульс, встати в основну стійку, руки на пояс. М'яко на носках протягом 30 зробити 60 невеликих підскоків, підстрибуючи над підлогою на 5–6 см. Потім знову порахувати пульс. Оцінка результатів ідентична оцінками проби з 20 присіданнями: збільшення пульсу на 25 % і менше відмінно, 25–50 % – добре, 50–75 % – задовільно, вище 75 % – погано (табл. 13).

Сходова проба. Для оцінки стану фізичної працездатності потрібно піднятися на четвертий поверх нормальним темпом без зупинок і порахувати пульс. Якщо ЧСС нижче 100 уд/хв – відмінний показник

працездатності серцево-судинної системи, менше 120 уд/хв – добрий, менше 140 уд/хв – задовільний, вище 140 уд/хв – поганий.

В якості стандартного фізичного навантаження широко використовуються функціональні проби на відновлення.

Проба Мартіне (20 присідань за 30 сек.). Після відпочинку, протягом 3–5 хв., підраховується пульс (у спокої) та/або артеріальний тиск. Після 20 глибоких присідань (ноги нарізно, руки витягнуті вперед) протягом 30 сек. визначають процент почастішання пульсу (підвищення АТ) порівняно з вихідним рівнем. *Оцінка.* При почастішанні пульсу на 25 % стан серцево-судинної системи оцінюється як добрий, на 50–75 % – задовільний, більше ніж 75 % – незадовільний. У разі вимірювання АТ до і після проби, норма збільшення систолічного (верхнього) тиску на фізичне навантаження дорівнює 25–30 мм рт. ст., а діастолічного (нижнього) або лишається на попередньому рівні, або незначно (на 5–10 мм рт. ст.) знижується (табл. 14).

Таблиця 13 – Оцінка фізичної працездатності за функціональними пробами

Оцінка фізичної працездатності	Функціональні проби			
	з підскоками		ортостатична	кліностатична
	Приріст пульсу, %	Час відновлення, сек	Збільшення ЧСС, од.	Зменшення ЧСС, од.
Відмінно	До 50	До 60	До 6	До 6
Добре	50–75	60–90	7–13	6–10
Задовільно	75–100	90–120	13–18	10–15
Погано	100–125	120–180	18–25	15–20
Дуже погано	Більше 125	Більше 180	Більше 25	Більше 20

Проба Мартіне-Кушелевського (20 присідань за 30 сек.). Після відпочинку, протягом 3–5 хв., у досліджуваного в положенні сидячи визначають вихідний рівень пульсу та артеріального тиску. Для цього накладають манжету тонометра на ліве плече і через 1–1,5 хв. вимірюють спочатку пульс, а потім артеріальний тиск. Частоту пульсу підраховують за 10 сек.

Таблиця 14 – Оцінка результатів фізичної працездатності за функціональною пробєю Мартіне

Оцінка фізичної працездатності	Час відновлення, сек	Приріст пульсу, %
Відмінно	До 60	До 50
Добре	60–90	50–75
Задовільно	90–120	75–100
Погано	120–180	100–125
Дуже погано	Більше ніж 180	Більше ніж 125

Потім, не знімаючи манжети, досліджуваний виконує 20 глибоких присідань за 30 сек. (ноги нарізно, руки витягнуті вперед). Після виконання навантаження досліджуваний сідає і в нього протягом кожних з 3-х хвилин відновлюваного періоду реєструють показники пульсу і вимірюють артеріальний тиск.

Підрахунок пульсу виконують за перші 10 сек. 1-ї хв. відновлюваного періоду, далі, протягом останніх 50 сек. 1-ї хв., вимірюють артеріальний тиск; а с початку 2-ї хв. знову підраховують частоту пульсу за 10-ти секундний інтервал часу до троекратного повторення вихідної частоти пульсу. Проте, навіть, якщо пульс відновився вже на 2-й хв. відновлювального періоду, рекомендується не припиняти, а продовжувати рахувати його до кінця 3-ї хв. Наприкінці 3-ї хвилини вимірюють в останнє АТ. Частоту пульсу доцільно рахувати до кінця 3-ї хв. у зв'язку з тим, що

існує ймовірність виникнення так званої «негативної фази пульсу», тобто зменшення його величини нижче від вихідного рівня більше ніж на 2–3 і більше ударів за 10 сек.

Оцінка результатів функціональної проби здійснюється шляхом визначення типу реакції серцево-судинної системи на фізичне навантаження. Для визначення типу реакції серцево-судинної системи на фізичне навантаження враховують наступні параметри:

- збудливість пульсу – збільшення частоти пульсу по відношенню до початкового значення, відзначене у відсотках;

- характер змін артеріального тиску (АТ) – окремо систолічного, діастолічного і пульсового;

- період відновлення – час повернення показників пульсу і АТ до початкового рівня.

Приріст пульсу ($\Delta\P$) і артеріального тиску (ΔP) визначають за формулами

$$\Delta\P = \frac{\Pi_2 - \Pi_1}{\Pi_1} \cdot 100\%, \quad (43)$$

де Π_1 – пульс до навантаження (за 10 сек.); Π_2 – пульс за перші 10 сек. Першої хвилини відновлення.

$$\Delta P = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \cdot 100\%, \quad (44)$$

де $P_{Д1}$ – артеріальний тиск до навантаження, $P_{Д2}$ – артеріальний тиск на першій хвилині відновлення.

У табл. 15 наведені типи реакцій серцево – судинної системи на описану пробу.

Оцінку проби за змінами пульсу і артеріального тиску можливо проводити також шляхом розрахунку показника якості реакції (ПЯР) серцево – судинної системи на навантаження за формулою (40).

Нормальне значення ПЯР складає від 0,5 до 1,0. Відхилення у той чи інший бік розцінюють як ознаку погіршення функціонального стану серцево – судинної систем.

Відновлення оцінюється як задовільне, якщо пульс і АТ досягли вихідного рівня на 5-й хвилині; добре – на 4-й хвилині; незадовільнене – пульс і АТ не відновилися.

Таблиця 15 – Реакції серцево – судинної системи на пробу Мартіне–Кушелевського

Оцінка реакції	Пульс			АТ			Час відновлення пульсу і АТ (хв)
	У спокої (10 сек.)	Після проби (за перші 10 сек.)	Приріст (%)	Систо-лічний	Діасто-лічний	Пуль-совий	
Сприятлива	10–12	15–18	25–50	От +10 до +20	– 20	Збільшення	1–2
Допустима	13–15	20–23	51–75	От +25 до + 40	– (10–20)	Збільшення	2–4
Несприятлива	> 15	Слабкий Аритмія 30–35	≥ 80	↓ або не змінюється	↑ або не змінюється	Зменшення	≥ 5

До числа простих і непрямих методів визначення працездатності можна віднести *функціональну пробу Руф'є* і її модифікацію *пробу Руф'є-Діксона*, в яких використовується значення ЧСС в різні періоди відновлення після відносно невеликих навантажень.

Проба Руф'є. У досліджуваного, після 5 хв. відпочинку в положенні «лежачи на спині» визначають пульс за 15 сек. (P₁). Потім протягом 45 сек. він виконує 30 присідань. Після цього він лягає і знову підраховують його пульс за перші 15 сек. періоду відновлення (P₂), яке триває 1 хв. Третє

вимірювання пульсу проводять в останні 15 сек. 1-ї хвилини періоду відновлення (P_3).

Оцінювання функціональних резервів серця проводять за *індексом Руф'є (IP)*, або *індексом Руф'є-Діксона (IPД)*.

Індекс Руф'є розраховується за формулою

$$IP = \frac{4(P_1 + P_2 + P_3) - 200}{10}. \quad (45)$$

Індекс Руф'є-Діксона визначають за формулою

$$IPД = \frac{(P_2 - 70) + (P_3 - P_1)}{10}. \quad (46)$$

Оцінку працездатності проводять за значеннями індексу Руф'є або Руф'є-Діксона (табл. 16).

Таблиця 16 – Оцінка працездатності за індексами Руф'є та Руф'є-Діксона

Оцінка працездатності	Індекс Руф'є (IP)	Індекс Руф'є-Діксона (IPД).
Погана працездатність (низька).	15 і більше	10 і більше
Задовільна працездатність (нижча за середню)	10–14	8-10
Середня працездатність	7–9	6-8
Добра працездатність (вища за середню)	4–6	3-6
Висока працездатність	3 і менше	2,9 і менше

3.6. Функціональний стан нервової системи

Найважливішою характеристикою функціонального стану нервової системи є сила нервових процесів. Ефективною методикою їх оцінки є «*Тепінг-тест*», яка дозволяє порівнювати досліджуваних за рівнем працездатності.

Тест ґрунтується на реєстрації змін у часі максимального темпу рухів кисті. Він триває 30 сек., а показники роботи фіксують кожні 5 сек. Послідовність виконання тесту полягає у наступному.

1. Для виконання роботи креслять на аркуші паперу 6 квадратів.

2. У кожному квадраті протягом 5 сек. у максимальному темпі наносять олівцем точки, переходячи від одного квадрата до іншого за годинниковою стрілкою. Під час роботи працюють з максимальним вольовим зусиллям.

3. Через 30 сек. підраховують кількість точок у кожному квадраті і будують криву працездатності. Для цього на осі абсцис відкладають час – п'яти секундні інтервали, а на осі ординат – кількість точок, нанесених за кожні 5 сек.

4. Вихідним показником вважають кількість точок за перші 5 сек.

5. Оцінюють результати тестування за наступними критеріями:

– якщо максимальний темп рухів припадає на перші 10–15 сек., а потім зменшується до рівня, нижчого за вихідний, то такий темп динаміки свідчить про *сильну нервову систему*;

– якщо початкове зниження темпу змінюється його наростанням до вихідного рівня, то це свідчить про *середньо-сильну нервову систему*;

– якщо максимальний темп утримується приблизно на одному рівні протягом усього часу роботи, то це свідчить про *середню силу нервової системи*;

– якщо протягом перших 10–15 сек. темп утримується на одному рівні, а потім знижується, то це є свідченням *середньо-слабкої нервової системи*;

– якщо, починаючи з другого 5-секундного відрізка максимальний темп неухильно знижується, то такий тип свідчить про *слабкість нервової системи*.

За результатами тестування будується крива працездатності досліджуваного, і за її типом визначається сила нервових процесів. Виділяють такі типи кривих працездатності :

– *опуклий тип*. Сильна нервова система. Максимальний темп рухів реєструється в перші 10–15 сек., потім знижується;

– *рівний тип*. Середня сила нервової системи. Максимальний темп рухів спостерігається впродовж всього періоду обстеження;

– *низхідний тип*. Слабка нервова система. Максимальний темп рухів послідовно знижується вже з другого 5-секундного відрізка;

– *увігнутий тип*. Середньо-сильна нервова система. Первинне зниження темпу рухів змінюється його наростанням аж до початкового рівня;

– *проміжний тип*. Середньо-слабка нервова система. Упродовж перших 10–15 сек. темп рухів утримується на одному рівні, а потім знижується.

4 Завдання для самостійної роботи студентів

Завдання 1.

1. Ознайомитися із загальними відомостями про працездатність людини та зробити висновки щодо значення її визначення для профілактики захворювань і травматизму на виробництві.

2. Засвоїти методи визначення працездатності людини.

3. Дати письмові відповіді на контрольні запитання.

Завдання 2.

1. Виконати дослідження власних антропометричних характеристик і, використовуючи метод індексів, дати характеристику своєї тілобудови. Результати вимірювань і розрахунків записати у зошит.

2. На підставі результатів антропометричних досліджень зробити висновки щодо власної працездатності. Розробити рекомендації щодо її підвищення.

Завдання 3.

1. Самостійно провести ряд навантажувальних і безнавантажувальних функціональних проб.

2. За результатами досліджень розрахувати власну фізичну працездатність.

3. Порівняти отримані дані з нормативною працездатністю, зробити висновки щодо необхідності застосування методів самоконтролю власної фізичної працездатності.

5 Порядок проведення лабораторної роботи

1. Опанувати методику дослідження м'язової сили за допомогою кистьового динамометра та виконати виміри показників сили правої та лівої кисті.

2. На підставі отриманих даних розрахувати силовий індекс та порівняти його з нормативним.

3. Засвоїти методику вимірювання життєвої ємкості легень за допомогою сухого спірометра та визначити власну ЖЄЛ.

4. Дати оцінку власної працездатності за відсотком від необхідного

максимального споживання кисню (%НМСК).

5. Ознайомитися з методикою виміру частоти серцевих скорочень пальпаторним методом та артеріального тиску за допомогою тонометра.

6. Під керівництвом викладача виконати виміри частоти серцевих скорочень і артеріального тиску.

7. Оцінити стан власної серцево-судинної системи за функціональним станом і адаптаційним потенціалом та визначити рівень працездатності за цими показниками.

8. Дослідити початкові та кінцевих значення показників діяльності ССС при проведенні тестових навантажень :

- проби Мартине;
- проби Руфьє;
- ортостатичної проби;
- кліно статичної проби.

9. Оцінити власну фізичну працездатність за означеними пробами.

10. Виконати тепінг-тест та оцінити стан нервової системи і рівень власної працездатності.

11. Розрахувати інтегральний показник власної працездатності та розробити заходи щодо її підвищення.

Контрольні запитання

1. Що розуміють під поняттям «Фізична працездатність» і від яких факторів вона залежить?

2. Яку систему показників використовують для оцінки професійної працездатності?

3. Назвіть фактори, що визначають загальний рівень працездатності людини як максимально можливий її психофізіологічний потенціал?

4. Як впливає працездатність людини на безпеку її виробничої діяльності?
5. Вкажіть найдоступніші методи вивчення працездатності людини у виробничих умовах.
6. За якими критеріями класифікують функціональні проби?
7. У чому полягає загальна схема проведення функціональних проб?
8. Дайте характеристику методів, за якими оцінюють результати антропометричних вимірів?
9. Дайте поняття максимального споживання кисню і охарактеризуйте його зв'язок з фізичною працездатністю.
10. Які показники функціонального стану серцево-судинної системи покладено в основу оцінювання рівня фізичної працездатності?
11. У чому полягає суть тестів для визначення функціонального стану серцево-судинної системи?
12. На чому ґрунтується найпростіший тест визначення сили нервових процесів і як його результати пов'язані з визначенням рівня працездатності?

Джерела інформації

1. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». – Затверджено Наказом Міністерства охорони здоров'я України 08.04.2014 № 248.
2. Крушельницька Я. В. Фізіологія і психологія праці: підручник / Я. В. Крушельницька. – К. : КНЕУ, 2003. – 367 с.
3. Шевченко А. М. Гігієна праці: підручник / А. М. Шевченко, С. В. Алексєєв, Г. О. Гончарук та ін. ; за ред. проф. А. М. Шевченка. – Київ, 1993. – 583 с.

4. Интегральная оценка работоспособности при умственном и физическом труде. Методические рекомендации. – Москва : Экономика, 1990. – 109 с.

5. Шеррер Ж. Физиология труда (эргономия) / Ж. Шеррер, Е. Н. Городенская, З. М. Золина. – Москва : Медицина, 1973. – 495 с.

6. Горшков С. И. Методика исследований в физиологии труда / С. И. Горшков, З. М. Золина, Ю. В. Мойкина. – Москва : Медицина, 1974. – 291 с.

7. Лемешевская Е. П. Основы физиологии труда. Влияние особенностей трудовой деятельности на организм человека / Е. П. Лемешевская, Г. В. Куренкова, Е. В. Жукова. – Иркутск: ИГМУ, 2016. – 28 с.

8. Лифанова Е. В. Физиолого-гигиенические аспекты трудовой деятельности человека : учебное пособие к элективному курсу / Е. В. Лифанова. – Волгоград, 2006. – 85 с.

ЗМІСТ

Вступ	3
1 Загальні положення	4
2 Методи оцінки показників фізичної працездатності	8
3 Визначення і оцінка фізичної працездатності	14
3.1 Антропометричні показники	15
3.2 Функціональний стан вегетативної нервової системи	22
3.3 Функціональні можливості м'язів	27
3.4 Функціональний стан дихальної системи	31
3.5 Функціональний стан серцево-судинної системи	43
3.6 Функціональний стан нервової системи	60
4 Завдання для самостійної роботи студентів	61
5 Порядок проведення лабораторної роботи	62
Контрольні запитання	63
Джерела інформації	64

Навчальне видання

Методичні вказівки

до виконання самостійної та лабораторної роботи

«Оцінка фізичної працездатності людини»

з дисципліни «Виробнича санітарія»

для студентів спеціальності 263 «Цивільна безпека»

спеціалізації 263-1 «Охорона праці»

денної та заочної форм навчання

Укладач: **ВАСЬКОВЕЦЬ Людмила Антонівна**

Відповідальний за випуск проф. Березуцький В. В.

Роботу до видання рекомендувала проф. Пономаренко О. І.

В авторській редакції

План 2019 р, поз. 261.

Підп. до друку 24.06.2019. Формат 60x84 1/12. Папір офсет.

Друк – різнографія. Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 2,3.

Наклад 50 прим. Зам. № . Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ «ХП».

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.

61002, Харків, вул. Кирпичова, 2

Виготовлювач: ФОП Панов А. М.

Свідоцтво ДК № 4847 від 06.02.2015 р.

Харків, вул. Жон Мироносець, 10, оф. 6

Тел. +38 (057) 714-06-74, +30 (050) 976-32-87

copy@vlavke.com