

1.8. ЕЛЕМЕНТИ ТЕОРІЇ, ЩО ПОЄДНУЮТЬ МЕТОДИ І ЗАСОБИ ОЦІНКИ СТАНУ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Прогнозні оцінки

Прогнозування ситуації завжди має на увазі певну мету, яка визначає, по-перше, термін прогнозування (так званий “горизонт прогнозування”), і, по-друге, точність, якої вимагають щодо результатів прогнозу на певному інтервалі часу. Наслідком цього є необхідний ступінь деталізації уявлень про стан процесів, розгляд яких поставлено за мету.

Реальні процеси, наявні в природі, незрівнянно складніші, ніж будь-які інтелектуальні побудови їх дослідників, і тому абстрактне пророчення як самоціль не має значної цінності. Використання ж деякої мети — пророцтво (поняття доцільності безпосередньо до конкретного дослідження) з урахуванням багатьох припущень і обмежень, дає змогу побачити прогноз як наукове бачення. Необхідними етапами наукового дослідження будь-якого процесу, наявного в природі, в тому числі і прогнозуванням його еволюції є такі:

- відбудова моделі процесу, який досліджується;
- відтворення меж, які є характерними для дослідження самого процесу в термінах побудови моделі, формулювання мети дослідження.

Сумісна реалізація визначених етапів дає змогу побудувати моделі досліджуваного процесу. Важливо розуміти, що модель може мати як формальний вигляд (задаватися деякими математичними відношеннями), так і описову структуру, яка задає тільки основні закономірності, що реально спостерігають. Звісно, чим повнішою і докладнішою інформацією ми володіємо, тим точнішим буде очікуваний прогноз.

Треба розуміти обмеженість використання прогнозу на великому інтервалі часу. Тому використання наукових методів прогнозування у вивченні природних і соціальних процесів означає неможливість передбачення розвитку реальних екологічних та інших ситуацій життєдіяльності людини, а можливим робить тільки проведення

досліджень з метою аналізу окремих процесів взаємного впливу і розробки рішень про подальші шляхи розвитку. Прогнозування пов'язано з такими труднощами:

- по-перше — необхідність мати можливості і засоби (матеріальні і технічні) для відбудови з необхідною точністю прогнозу розвитку середовища під впливом певних дій суспільства;
- по-друге — необхідно знати внутрішні закономірності соціального розвитку” еволюцію соціальних цілей, які визначають той чи інший тип впливів людини на середовище;
- по-третє — необхідне розуміння впливів можливих змін в навколишньому середовищі і закономірностей розвитку суспільства.

Кожне з представлених завдань є складною проблемою, можливість вирішення якої залежить від сформульованої мети дослідження і від критерію впливу екологічних змін на соціальні процеси.

Екологічна безпека суспільства тісно пов'язана з рівнем культури, освіченості і виховання людей цього суспільства.

Ступінь обліку майбутнього в сучасній поведінці індивіда, колективу чи держави можна представити у вигляді формули

$$F = I \frac{RP}{T},$$

де F — коефіцієнт майбутнього;

- I — індекс цивілізованості, рівень культури, освіченості, вихованості;
- R — ступінь ризику, ймовірність негативних наслідків;
- T — час, що визначає віддаленість наслідків;
- P — базові події зі значенням ймовірності їх реалізації.

Індекс цивілізованості займає тут головне місце. Від нього залежить положення ще одного параметра, який не наведено в формулі — ступінь благополуччя на теперішній час, задоволеності ним. За високих значень I благополуччя на теперішній час ставиться в чисельник, за низьких I — в знаменник. Це необхідно підкреслити, тому що коефіцієнт майбутнього характеризує також поведінку і “простих людей”, і структур управління, наприклад уряду, і суспільства в цілому. Низький рівень культури впливає на значення формули і в цьому разі все зводиться до співвідношення жадібності і переляку.

Коефіцієнт майбутнього відіграє велику роль в умовах розвиненої економіки, в цивілізованому бізнесі, в справах страхування. Сфера його впливу в економіці може бути ще ширша. Необхідно, щоб він мав не менше значення в економічній політиці, в стратегії природокористування.

Проведення прямих експериментів з біосферою планети неможливе. Тому можна використати математичне моделювання.

Для прогнозування можливостей виникнення аварій і травм в роботі [23] наведена методика, за допомогою якої ведеться розрахунок ймовірності подій шляхом розглядання логіко-імітаційної моделі (див. рис. 2.11, с. 61). Всі події позначені послідовно від першої до вісімнадцятої. Подія 14 характеризує виникнення аварії.

За базові події з відповідним значенням ймовірності їх реалізації прийняті: P_1 ; P_2 ; P_3 ; P_6 ; P_7 ; P_8 ; P_9 ; P_{11} ; P_{13} .

Значення ймовірності близькі, за практикою, до реальних умов виробництва і дорівнюють:

$$P_1 = 0,2; P_2 = 0,3; P_3 = 0,5; P_6 = 0,1; P_7 = 0,05; P_8 = 0,2; P_9 = 0,3;$$

$$P_{11} = 0,5; P_{13} = 0,5.$$

Використовуючи указану модель, визначені послідовні ймовірності подій 3; 5; 10; 14:

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2 = 0,44;$$

$$P_5 = P_4 \cdot P_3 = 0,22;$$

$$P_{10} = P_7 + P_8 + P_9 - P_7 \cdot P_8 - P_7 \cdot P_9 - P_8 \cdot P_9 + P_7 \cdot P_8 \cdot P_9 = 0,5;$$

$$P_{14} = P_{11} \cdot P_{12} \cdot P_{13} = 0,0025.$$

Отримане значення ймовірності виникнення аварії (руйнування круга) $P_{14} = 0,0025$, характеризує те, що при наявності таких подій, які відображені у моделі, на кожній 1000 одиниць аналогічного обладнання можна очікувати 2,5 аварії.

Якщо продовжити розрахунки далі, то можна розрахувати ймовірність травми:

$$P_{15} = 0,2; P_{17} = 0,7;$$

$$P_{16} = P_{14} \cdot P_{15} = 0,0055;$$

$$P_{18} = 0,00035.$$

У праці Г. Грянїка, Ю. Скобла, Ю. Климова запропоновано розглядати прогноз травматизму з двоетапних позицій: “ближнього прогнозу” і “довгострокового прогнозу”.

“Ближній прогноз” — це прогноз травматизму в умовах використання наявної сільськогосподарської техніки і технології.

“Довгостроковий прогноз” — це прогноз травматизму у випадках використання моделей сільськогосподарських машин, механізмів, обладнання і технологічних процесів, які побудовані на основі прогнозу.

Прогноз травматизму в умовах “ближнього прогнозу” досить широко використовують методи математичної статистики, які засновані на обробці даних з травматизму за попередні роки і побудови прогнозової функції у вигляді:

$$y = a \cdot e^{bt},$$

де e — основа натурального логарифма;

t — час;

a і b — параметри, що шукаються.

Параметри a і b визначаються за методом найменших квадратів:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}, \quad b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sum_{i=1}^n x_i},$$

де y_i — значення параметра, що прогнозується в будь-який момент;

n — кількість статистичних параметрів.

$$x = t_i - n^{-1} \sum_{i=1}^n t_i.$$

Величина можливих помилок оцінюється за середньоквадратичною помилкою (о2).

За допомогою цього методу можна прогнозувати показники травматизму.

Недоліком цього методу прогнозування є те, що інформація, яка отримується, свідчить про стан безпеки тільки на рівні галузі. Відсутність даних про важливість (значущість) травмуючих факторів найбільш травмонебезпечних професій, технологічних професій і т. ін. не дає змоги визначити напрямки нових рішень в розробці заходів захисту. Більш привабливим в цьому плані є використання методу кореляції з побудовою рівнянь множинної регресії для тих самих показників, однак для вузьких професій:

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n,$$

де y — прогнозований параметр;

a_0 — вільний член; $x_1; x_2; \dots x_n$ — фактори, які передбачають величину прогнозу;

$a_1; a_2; \dots a_n$ — постійні коефіцієнти.

Іноді спроба використання лінійної функції не приводить до очікуваних результатів. Це пов'язано з тим, що відхилення від значень модельованої функції коливається в значних межах. Тому в ряді випадків слід проводити моделювання з використанням степеневі функції виду:

$$y = a_0 \cdot x_1^{a_1} \cdot x_2^{a_2} \cdot \dots x_n^{a_n}.$$

Як фактори $x_1, x_2, \dots x_n$ — беруться показники, що визначають значення функції.

Перелічені методи є реальним “інструментом” в умовах “ближнього прогнозу” травматизму.

Слід зазначити універсальність першого способу, можливість його використання незалежно від застосованого методу аналізу причин травматизму. З

іншого боку цей спосіб дещо обмежений, тому що результати побудови прогнозу не несуть інформації про характер травмування, травмонебезпечні обставини, специфіку виробництва, використання засобів захисту і, головне, щільність взаємозв'язків факторів, що зараз перелічені.

У зв'язку з цим розглянутий метод не придатний для будування прогнозів травматизму в умовах оцінки стану безпеки в межах вузьких професій. В цьому випадку доцільно використовувати методи кореляції і моделювання на основі даних, отриманих під час аналізу причин травматизму за груповим і монографічним методами дослідження.

Характеристики, які використані за даними групового і монографічного методів аналізу причин травматизму, не завжди відтворюють травмонебезпечну ситуацію. Тому одним з першорядних завдань для розвитку і успішного використання методів “ближнього прогнозу” є розробки спеціальної форми обліку факторів, що визначають виникнення травм.

Для прогнозування травматизму в умовах “довгострокового прогнозу” використання математичних методів у “чистому вигляді” надто проблематичне. Визначені методи слід використовувати на певних етапах прогнозування. В цьому разі найбільш прийнятним є метод експертних оцінок. Метод експертних оцінок дає змогу передбачити подальші напрямки удосконалення старих машин, механізмів, технологічних процесів чи розробку нових, а також на основі цього визначати рівень, характер, тяжкість та інші можливі показники травматизму.

Внаслідок визначення подальшого розвитку техніки і технології сільськогосподарського виробництва, оцінку характеру і рівня травматизму доцільно вести за двома напрямками. Перший — це вишукування діючих аналогів у нових технічних рішеннях і визначення прогнозу травматизму з використанням статистичної обробки відомих даних в умовах використання існуючих рішень. Друге — (напрямок в умовах відсутності аналогів) — визначення травмуючих факторів нового обладнання і технологічних процесів за допомогою методу скоректованих думок, з послідовним їх ранжируванням. Тут слід також урахувати, що народження нових рішень, які спрямовані на подальше придушення визначеної виробничої небезпеки чи шкоди, може викликати появу нових небезпек (чи шкідливостей) іншого виду. Тому на цьому етапі необхідно виявити недоліки нових рішень, визначити їх значимість з погляду можливого травмування.

За критерій оцінки травмонебезпеки нового обладнання і технологічних процесів можна використовувати C_i (показник травмонебезпеки). Методику розрахунку критерію травмонебезпеки наведено в праці А.Ф. Кутаніна та Г.П. Орлова для текстильного обладнання, однак в повному обсязі може використовуватись для аналогічної оцінки в сільськогосподарському виробництві. Розрахунок проводиться за формулою:

$$C_i = R_{il} K_{mi},$$

де R_{il} — показник кількості небезпечних ситуацій за встановлений відрізок часу з обслуговування i -го механізму на машині l -м робітником;

K_{mi} — умовний показник тяжкості травм (втрати працездатності від дії цього механізму).

Під час оцінки характеристик, що визначають рівень показника травмонебезпеки, можна керуватись як аналізом матеріально-технічних причин травматизму, що траплялись в умовах експлуатації аналогів відповідних сільгоспмашин, механізмів і обладнання, так і використовуючи методи експертних оцінок і скоректованих думок.

Використання критерію C_1 (дає змогу вилучити інформацію, яка свідчить не тільки про рівень травмонебезпеки, але і визначити порівняну ефективність нових рішень ще на стадії проектування.

Прогноз травматизму на основі оцінки травмонебезпеки під час використання нового обладнання і технології є неповним, тому що не враховує фактичного стану умов праці. Цей недолік може бути ліквідовано за рахунок використання комплексної гігієнічної оцінки умов праці за допомогою показника шкідливості та небезпеки праці, розробленого МДУ разом з НДІ праці.

$$y = x + \frac{L - x}{7},$$

де y — результуючий показник;

x — найбільший (основний) показник, бал;

L — середня арифметична величина всіх факторів, бал;

7 — максимально можлива величина оцінки, бал.

Метод, який поєднує “близький і довгостроковий прогнози”, є комплексним і дає змогу розширити можливості у сфері запобігання травматизму і ефективного розподілу фінансових асигнувань на безпеку життєдіяльності.

Методи оцінки травматизму

Для оцінки рівня травматизму використовують відносні статистичні показники частоти і важкості травматизму.

Коефіцієнт частоти травматизму (K_q) визначає кількість нещасних випадків, що трапляються, на 1000 робітників за звітний період:

$$K_q = \frac{N}{p} \cdot 1000,$$

де N — загальна кількість нещасних випадків в господарстві за звітний період;

p — середня кількість працівників у господарстві за той же термін.

Коефіцієнт важкості (K_v) травматизму встановлює тривалість тимчасової непрацездатності, що припадає на нещасний випадок, який трапився в господарстві за звітний період:

$$K_v = \frac{D}{N},$$

де D — сумарна кількість днів тимчасової непрацездатності, що сталися в господарстві за звітний період.

Коефіцієнт непрацездатності (K_n) оцінює об'єктивний рівень виробничого травматизму:

$$K_n = K_q \cdot K_v = \frac{T \cdot 1000}{p}.$$

Приблизно матеріальні збитки від виробничого травматизму можна визначити за формулою:

$$П_z = 1.5 D \cdot З_{cp},$$

де $П_z$ — загальні матеріальні збитки;

$З_{cp}$ — середня заробітна плата потерпілих;

1,5 — коефіцієнт, що дає змогу врахувати інші матеріальні збитки.

Оцінка рівня екологічної безпеки

Характер оцінки екологічної безпеки залежить від розміру території, про яку йде мова. На рівні:

— екосфери та її частин — біомів, регіонів, ландшафтів (більш чи менш крупних територіальних природних комплексів). Критерієм екологічної безпеки може служити ступінь відповідності між техногенним навантаженням на територію та її граничною витривалістю під час руйнування шляхом техногенного впливу;

— для окремих екологічних систем головними критеріями безпеки виступає цілісність, збереженість їх видового складу, біорізноманітності і структури внутрішніх взаємозв'язків. Відповідні критерії стосуються і техніко-економічних систем;

— для індивідів головним критерієм безпеки є збереження здоров'я і нормальної життєдіяльності.

Оцінка безпеки територіального природно-соціального комплексу заснована на порівнянні природних і техногенних (виробничих) потенціалів території

Основним критерієм безпеки і пов'язаних з ним понять є:

$$U \leq T_e,$$

де U — природомісткість території виробництва — сукупність обсягів господарчого вилучення і враження місцевих поновлюваних ресурсів, включаючи забруднення середовища та інші форми техногенного пригнічення реципієнтів, у тому числі і погіршення здоров'я людей;

T_e — екологічна техномісткість території (ЕТТ) — узагальнююча характеристика території, що відображає самовідновлюючий

потенціал природної системи і кількістю дорівнює максимальному техногенному навантаженню, який може витримати і перенести в межах тривалого терміну сукупність всіх реципієнтів і екологічних систем території без порушень їх структурних і функціональних властивостей.

Критерій (2.19) показує, що сукупне техногенне навантаження не повинне перебільшувати потенціал самовідновлення природних систем відповідної території. Критерій лежить в основі екологічної регламентації господарчої діяльності.

Ступінь напруженості екологічних обставин території оцінюється кратністю перевищення ЕТТ:

$$K_e = \frac{U}{T_e}.$$

Залежно від природи факторів небезпеки є різні градації K_e . Звичайно коли $K_e \geq 3$ — обставини вважаються благополучними, коли $K_e \approx 1 \leq K_e < 3$ — критичний стан, а коли $K_e < 1$ — вкрай небезпечними.

Для окремих територій їх екологічна техномісткість T_e об'єктивно дорівнює гранично допустимому техногенному навантаженню (ГДТН).

Екологічна техномісткість території є тільки частиною повної екологічної місткості території. Повна екологічна місткість території як природного комплексу визначається:

1) об'ємами основних природних резервуарів — повітряного басейну, сукупності водоймищ і водотоків, земельних ділянок і запасу ґрунту, біомаси, флори і фауни;

2) потужністю потоків біогеохімічного обігу, що оновлюють вміст цих резервуарів, швидкістю місцевого масо- і газообігу, поповненням об'ємів чистої води, процесів ґрунтоутворення і продуктивністю біоти.

За трьома компонентами середовища існування — повітрям, водою і ґрунтом ЕТТ може бути приблизно розрахована за формулою

$$T_i = \sum_{i=1}^3 E_i X_i \tau_i \quad (i = 1, 2, 3),$$

де (1, 2, 3) — це індекси, що відповідають повітря, воді і ґрунту.

T_i — оцінка ЕТТ в одиницях масового техногенного навантаження, умовно $\text{т}/\text{рік}$;

E_i — оцінка екологічної місткості i -го середовища, $\text{т}/\text{рік}$;

X_i — коефіцієнт варіації для природних коливань змісту основних субстанцій в середовищі;

τ — коефіцієнт переводу маси в умовні тонни (коефіцієнт відносної небезпеки домішок, умовно $\text{т}/\text{т}$).

Екологічна місткість кожного з трьох компонентів середовища розраховується за формулою:

$$E = V \cdot C \cdot F,$$

де V — екстенсивний параметр, визначений розміром території, площа чи об'єм (км^2 , км^3);

C — зміст головних екологічно значимих субстанцій в цьому середовищі ($\text{т}/\text{км}^2$, $\text{т}/\text{км}^3$); наприклад, CO_2 в повітрі чи щільність розподілу біомаси на поверхні землі;

F — швидкість кратного оновлення об'єму чи маси середовища (рік^{-1}).

Стан здоров'я населення розраховується за допомогою інтегрального показника. Цей показник базується на загальних уявленнях змісту критерію, який пов'язує узагальнені показники системи “природа — господарство — людина”.

$$\begin{array}{l} \text{індекс} \\ \text{здоров'я} \\ \text{населення} \end{array} = \text{функція} \left[\left[\begin{array}{l} \text{індекс запасу} \\ \text{природних} \\ \text{ресурсів} \end{array} \right], \left[\begin{array}{l} \text{індекс} \\ \text{якості} \\ \text{середовища} \end{array} \right], \left[\begin{array}{l} \text{індекс} \\ \text{рівня} \\ \text{життя} \end{array} \right] \right].$$

$$\begin{array}{cccc} [H] & & [R] & [F] & [D] \end{array}$$

чи в загальному вигляді

$$H = f(R, F, D)$$

Індекс запасу природних ресурсів (R) визначається за формулою:

$$R = \sum \frac{R_{0j} - R_{1j}}{R_{0j}} W_j,$$

де R_0 — початковий запас природних ресурсів в регіоні в незворотному стані;

R_{1j} — об'єм вилучених на час оцінки стану природних ресурсів;

W_j — ваговий коефіцієнт j -го ресурсу.

Під незворушним станом j -го ресурсу R_{0j} регіону розуміється деякий його природний стан у середовищі, ізольованому від впливів

антропогенних факторів. Незворушений стан ресурсів оцінюється експертно або за них береться такий стан, котрий характеризується максимальними запасами за аналізований термін.

Індекс якості середовища F оцінюється на основі даних про забруднення природних середовищ за допомогою такого рівняння:

$$F = \frac{1}{1 + M},$$

де M — індекс забруднення середовища.

$$M = \frac{1}{n} \sum_i \frac{C_i - C_{i\phi}}{[\text{ГДК}]} \cdot K_i,$$

де C_i , $C_{i\phi}$ — відповідно концентрація i -ї домішки на час оцінки і фонова концентрація;

n — кількість домішок забруднення;

K_i — введена експертно вага, яка характеризує різницю в характері впливів будь-яких речовин.

Значення індексу (F) може змінюватися від 0 до 1.

Індекс рівня життя оцінюється за формулою

$$D = \frac{D_i}{D_0},$$

де D_i — валовий прибуток на одну людину для визначеного регіону в час оцінки ситуації;

D_0 — максимальний прибуток на одну людину для всіх регіонів держави.

Величина індексу здоров'я населення (H) визначається за формулою

$$H = \frac{X_t - X_{\text{ср}}}{X_t},$$

де X_t — чисельність населення в регіоні на час оцінки стану;

$X_{\text{ср}}$ — середня кількість хворого населення за окремий рік, яка може бути розрахована за формулою

$$X_{\text{ср}} = \frac{1}{365} \sum_{i=1}^n N_{ii} \sum_{j=1}^m A_{ij} t_{ij},$$

де i — номер нозологічної одиниці чи групи захворювань;

N_{ii} — чисельність населення вікової групи;

A_{ij} — чисельність випадків захворювань на 1000 людей населення регіону;

t_{ij} — тривалість хвороби.

Значення індексу здоров'я може змінюватися в межах від 0 до 1. Оцінка рівня забруднення атмосфери

За основний показник встановлення ГДК береться масова концентрація домішок. Встановлені до цього часу і діють ГДК, які визначені виключно за умовами їх дії на організм людини. ГДК встановлені “на рівні дихання людини”, щоб забруднення не здійснювали на людину прямого чи непрямого впливу і не знижували його працездатності.

ГДК встановлені за значеннями: максимально разова, разова, трьохгодинна, середньодобова і середньорічна.

Враховується як вплив окремої домішки (q), так і сумарний вплив декількох домішок. У разі одночасної наявності в атмосфері (n) шкідливих речовин односпрямованої дії їх безрозмірна сумарна концентрація (Q) не має перевищувати одиниці за розрахунком:

$$Q = \frac{q_1}{ГДК_1} + \frac{q_2}{ГДК_2} + \frac{q_3}{ГДК_3} + \dots + \frac{q_n}{ГДК_n} < 1.$$

Під час викидів в атмосферу оцінюється гранично допустимий викид (ГДВ) домішок в середовище.

Гранично допустимий викид джерела чи групи джерел — це кількість викидів домішок, при якому досягається гранично допустима концентрація цієї речовини.

Розрахунок ГДВ для викидів продуктів горіння проводиться за формулою

$$ГДВ = \frac{ГДК H^2 \sqrt{V_1 \Delta T}}{AF_{mn}},$$

де A — функція характеристик поверхні підстилаючої взаємодії поверхні з атмосферою і основним напрямом вітру (для України ≈ 160);

F — коефіцієнт осадження;

M — кількість викиду домішки;

H — висота джерела над рівнем поверхні;

V_1 — об'єм викидів джерела;

ΔT — слід визначати, беручи температуру атмосферного повітря T_n за середньою температурою зовнішнього повітря о 13-й годині найбільш жаркого місяця року за даними положень “Строительные нормы и правила” (СниП), а температуру викидів в атмосферу газоповітряної суміші T_r — за діючими для певного виробництва технологічними нормативами;

m і n — коефіцієнти, що визначаються інтерполяційними шляхами.

Для холодних викидів розрахунок ведеться за формулою:

$$ГДВ = \frac{8 ПДК H^3 \sqrt{HV_1}}{AF_n D_y}.$$

Оцінка ризиків в життєдіяльності людини

Загальна характеристика

З поняттям ризику часто пов'язують уявлення про можливі чи загрозові події. Тому є думка, що такої події треба уникнути за будь-яку ціну.

В літературі зустрічається різне розуміння терміну “ризик” і в нього іноді вкладають різний зміст. Однак спільним у всіх цих визначеннях є те, що ризик включає в себе якусь невпевненість — чи відбудеться ця небажана подія і чи виникне цей неблагополучний стан.

Ризик — це міра очікуваної невдачі, неблагополуччя в діяльності й існуванні; небезпеки, пов'язаної з погіршенням здоров'я людини, змінами в довкіллі, матеріальними витратами.

Щодо ризиків екологічної небезпеки, то вона пов'язана з такими групами факторів:

- техногенними;
- природними;
- військовими;
- соціально-економічними;
- політичними;

— тероризмом.

Найбільший інтерес в межах дисципліни “Безпеки життєдіяльності” мають фактори техногенні і природні.

Техногенний екологічний ризик виникає в зв'язку з аваріями на АЕС, танкерах, небезпечних хімічних виробництвах, руйнуванням гребель, водосховищ та ін. Зрештою, причинами аварій є інтенсивність технологічних процесів, висока концентрація виробництва, ресурсомісткість і багатовідхідність технологій, слабе обладнання очисними утилізаційними пристосуваннями.

Природний екологічний ризик пов'язаний з імовірністю проявлення багатьох несприятливих природних явищ.

В обох випадках необхідно урахувати особливості геологічного устрою (властивості надр, наявність чи відсутність порушень та ін.), рельєфу (наприклад, посилення ризику забруднення в котловинах), ландшафтів (ступінь їх стійкості до техногенних навантажень). Необхідно також ураховувати сусідство цінних і унікальних природних об'єктів.

Урахування геологічного устрою дає змогу оцінити ризик еколого-геологічної небезпеки у вигляді сумарного показника за основними складовими (оціночними блоками, напрямками) — літогеохімічному, гідрогеологічному й інженерно-геодинамічному:

$$EGR = RLGX + RGG + RIGD,$$

де EGR — еколого-геологічний ризик;

RLGX — ризик літогеохімічний;

RGG — ризик гідрогеологічний;

RIGD — ризик інженерно-геодинамічний.

В більшості випадків “ризик” еквівалентний заподіяній шкоді і може бути представлений у вигляді показників економічної шкоди. Види ризиків

У виробничих умовах розрізняють індивідуальний і колективний ризик.

Індивідуальний ризик характеризує реалізацію небезпеки відповідного виду діяльності для конкретного індивіда.

Колективний ризик — це травмування чи загибель двох або більше чоловік від впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Класифікації джерел небезпек та рівні ризику загибелі людини за даними літературних джерел наведені в табл. 1.5.

Прийнятний ризик поєднує в собі технічні, економічні, соціальні і політичні аспекти і є деяким компромісом між рівнем безпеки і можливим її досягненням.

Перш за все треба мати на увазі, що підвищення рівня захисту від небезпеки автоматично підвищує загальну вартість виробництва. У вимогах досягнення нульового ризику ситуація може повернутися до людей соціальною трагедією за сценаріями безробіття.

На рис. 1.18. наведено спрощений варіант визначення прийнятного (допустимого) ризику. При підвищенні витрат на удосконалення обладнання технічний ризик знижується, але зростає соціальний. Сумарний ризик мінімальний, коли створене необхідне співвідношення між інвестиціями в технічну і соціальну сфери. Ці обставини треба ураховувати під час вибору прийнятного ризику.

Рівень прийнятного ризику за міжнародною домовленістю вирішено рахувати в межах 10^{-7} — 10^{-6} (смертельних випадків люд⁻¹ · рік⁻¹), а величина 10^{-6} є максимально прийнятним індивідуальним ризиком.

Таблиця 1.5. Класифікація джерел і рівнів ризиків загибелі людини в промислово розвинутих країнах (R – кількість смертельних випадків люд⁻¹·рік⁻¹)

Джерела	Принципи	Середнє значення
Внутрішнє середовище організму	Генетичні і соматичні захворювання, старіння	$R_{\text{ср}} = 0,6-1 \cdot 10^{-2}$
Природне середовище існування	Нещасні випадки від стихійних лих (землетруси, урагани, повені та ін.)	$R_{\text{ср}} = 1 \cdot 10^{-6}$; повені $4 \cdot 10^{-5}$; землетруси $3 \cdot 10^{-5}$; грози $6 \cdot 10^{-7}$; урагани $1 \cdot 10^{-3}$
Техносфера	Нещасні випадки в побуті, на транспорті, захворювання від забруднення навколишнього середовища	$R_{\text{ср}} = 1 \cdot 10^{-3}$
Професійна діяльність	Професійні хвороби, нещасні випадки на виробництві (під час професійної діяльності)	Професійна діяльність: безпечна $R_{\text{ср}} < 10^{-4}$; відносно безпечна $R_{\text{ср}} = 10^{-4}-10^{-3}$; небезпечна $R_{\text{ср}} = 10^{-3}-10^{-2}$; особливо небезпечна $R_{\text{ср}} < 10^{-2}$
Соціальне середовище	Самогубства, каліцтва, злочинні дії, військові дії та ін.	$R_{\text{ср}} = (0,5-1,5) \cdot 10^{-4}$

Мотивований (обґрунтований) і немотивований (необґрунтований) ризик. У випадках виробничих аварій, пожеж, з метою рятування людей, які постраждали від аварій та іншого, людині доводиться йти на ризик. Обґрунтованість такого ризику пов'язана з необхідністю надання допомоги людям, що потерпіли, бажанням урятувати від руйнування цінне обладнання чи споруди господарства.

Невиконання робітниками правил безпеки, технологічних процесів, невикористання засобів захисту і таке інше формують необґрунтований ризик, який, як правило, становить передумови виникнення травм і аварій на виробництві.

В технічній сфері поняття ризику визначають дещо інакше порівняно зі звичайними оцінками. Так, за ризик мають кількісну характеристику дії небезпек, які формуються за конкретною діяльністю людини, чи інакше – кількість смертельних випадків, випадків захворювання, випадків тимчасової і стійкої непрацездатності (інвалідності), зумовлених дією на людину конкретної небезпеки відносно до визначеної кількості жителів (робітників).

У праці Є. Мушика та П. Мюллера запропоновано формулювання ризику як величини, що визначає добуток величини події на міру можливого її початку.

Наслідок А в практиці небажаної події чи стану може відповідно до своєї величини описуватися й оцінюватися своїми специфічними параметрами. Діапазон його може бути досить широким — від економічних до етичних цінностей.

Мірою можливого початку подій є ймовірність (q) до його настання. Розрахунок ведеться за формулою

$$R = A \cdot q. (2.33)$$

У джерелах ризиків треба розбиратися шляхом систематичного аналізу. Допоміжним засобом тут є “дерево помилок”, яке будують за аналогією “дереву рішень”.

Одним з методів оцінки ризику є метод порівняння цієї ризикованої ситуації з аналогічною, що траплялась в минулому. Таке порівняння дає більш надійні вихідні передумови.

Загроза безпеки людей найчастіше складається з багатьох складових ризику, наприклад, з основного наявного ризику, ризику як наслідок помилок, і ризику, на який ідуть свідомо під час відповідних подій.

Всі групи рішень, що беруться відповідно до змісту ризиків, мають три варіанти:

- 1) зменшення ризику;
- 2) мінімізація ризику;
- 3) оптимізація ризику.



1.9. КОНЦЕПЦІЯ ПРИЙНЯТОГО (ДОПУСТИМОГО) РИЗИКУ

Традиційна техніка безпеки ґрунтується на категоричному імперативі — забезпечити безпеку, не допустити ніяких аварій. Як показує практика, така концепція неадекватна законам технічної сфери. Вимога абсолютної безпеки, приваблива своєю гуманністю, може обернутися трагедією для людей тому, що забезпечити нульовий ризик у діючих системах неможливо.

Сучасний світ відкинув концепцію абсолютної безпеки і прийшов до концепції **прийнятного (допустимого) ризику**, сутність якої у прагненні до такої безпеки, яку приймає суспільство у даний період часу.

Знехтуваний ризик має настільки малий рівень, що він перебуває в межах допустимих відхилень природного (фонового) рівня.

Гранично допустимий ризик — це максимальний ризик, який не повинен перевищуватись, незважаючи на очікуваний результат.

Надмірний ризик характеризується виключно високим рівнем, який у переважній більшості випадків призводить до негативних наслідків.

Сприйняття ризику та небезпек громадськістю суб’єктивне. Люди різко реагують на події рідкі, що супроводжуються великою кількістю одночасних жертв. У той же час події, що відбуваються часто, у результаті яких гинуть одиниці або невеликі групи людей, не викликають дуже напруженого стану. Кожного дня на виробництві, наприклад у Росії, гине 40—50 осіб, у цілому по країні від різних небезпек втрачають життя більше 1000 осіб на день. Але ці відомості менш вражають, ніж загибель 5—10 людей у одній акваторії або якому-небудь конфлікті. Це необхідно мати на увазі під час розглядання проблеми прийнятного ризику. Суб’єктивність в оцінюванні ризику підтверджує необхідність пошуку прийомів та методологій, які не мають цього недоліку. Спеціалісти вважають, що використання ризику у якості оцінки небезпек є кращим ніж використання традиційних показників.

Прийнятний ризик поєднує у собі технічні, економічні, соціальні та політичні аспекти і являє собою певний компроміс між рівнем безпеки та можливостями її досягнення. Передусім потрібно мати на увазі, що економічні можливості підвищення безпеки технічних систем не безмежні. Якщо витрачаються надмірні кошти на підвищення безпеки, то можна завдати шкоди соціальній сфері, наприклад, погіршиться за браком коштів медична допомога.

При збільшенні витрат технічний ризик зменшується, але росте соціальний. Сумарний ризик має мінімум за певного співвідношення між інвестиціями у технічну та соціальну сфери. Цю обставину і потрібно враховувати при виборі ризику, з яким суспільство поки змушене миритися.

Необхідно підтримувати відповідне співвідношення витрат у зазначених сферах (рис. 1.6), оскільки порушення балансу на користь однієї з них може спричинити різке збільшення ризику і його рівень вийде за межі прийнятних значень.

Сумарний ризик має мінімум при певному співвідношенні інвестицій у технічну та соціальну сфери. Цю обставину потрібно враховувати при виборі ризику, з яким суспільство поки що змушене миритися.

У деяких країнах, наприклад у Голландії, прийнятні ризики встановлені у законодавчому порядку. Максимально прийнятним рівнем індивідуального ризику загибелі звичайно вважається 10^{-6} на рік. Малим ризиком, яким можна знехтувати, вважається індивідуальний ризик загибелі 10^{-8} на рік.

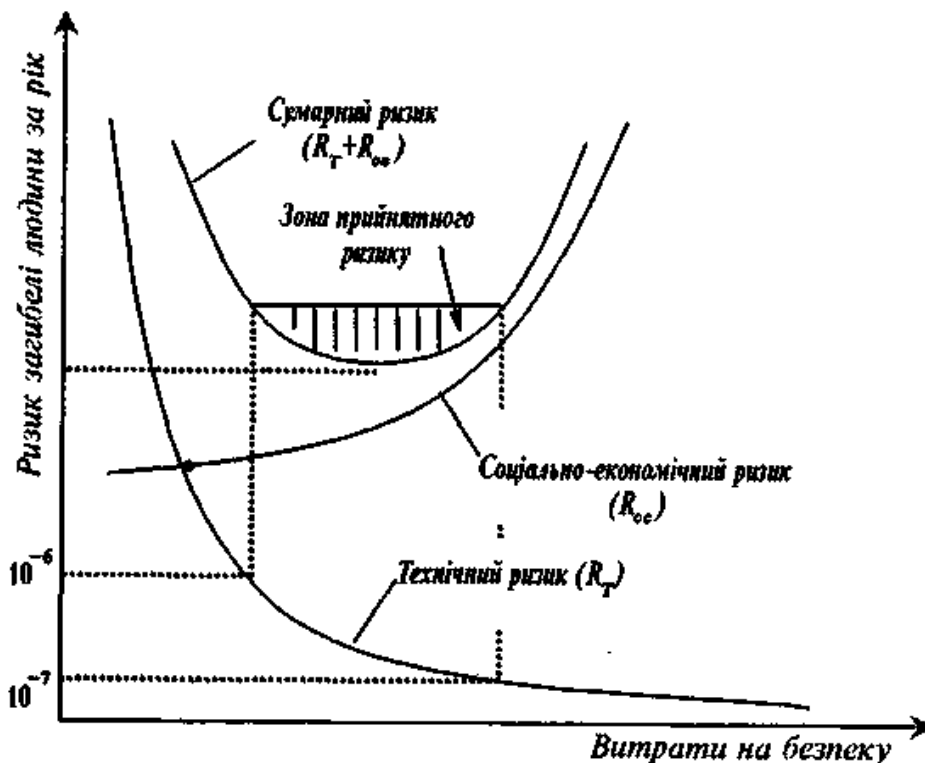


Рис. 1.18. Визначення прийнятного ризику

Максимально прийнятним ризиком для екологічних систем вважається такий, при якому може постраждати 5 % видів біогеоценозу.

Деякі спеціалісти піддають критиці концепцію прийнятного ризику, тому що бачать у ній антигуманний підхід до проблеми. Насправді, прийнятні ризики на 2 — 3 порядки «суворіші» фактичних. Отже, введення прийнятних ризиків є акцією, прямо спрямованою на захист людини.

Управління ризиком. Основне питання теорії й практики безпеки «Як підвищити рівень безпеки»? Очевидно, що для цієї мети кошти можна витратити за трьома напрямками:

- а) удосконалювання технічних систем та об'єктів;
- б) підготовка персоналу;
- в) ліквідація наслідків.

Апріорно важко визначити співвідношення інвестицій по кожному напрямку. Необхідний спеціальний аналіз із використанням конкретних даних та умов. Висновки можуть бути при цьому досить непередбачуваними.

Для того щоб надати перевагу конкретним заходам та засобам або певному їх комплексу, порівнюють витрати на ці заходи та засоби і рівень зменшення шкоди, який очікується в результаті їх запровадження. Такий підхід до зменшення ризику небезпеки зветься управлінням ризиком.

Перехід до ризику відкриває принципово нові можливості підвищення безпеки технічної сфери. До технічних, організаційних, адміністративних додаються економічні методи керування ризиком. До останніх відноситься: страхування, грошова компенсація ушкодження, платежі за ризик тощо. Спеціалісти вважають доцільним у законодавчому порядку запровадити квоти на ризик.

Для розрахунку ризику необхідні обґрунтовані дані. Гостра потреба в даних у нинішній час визнана у всьому світі на національному та міжнародному рівні.

Необхідна чітко аргументована розробка бази і банків даних та їх реалізація в умовах підприємства, регіону.

В основі керування ризиком лежить методика порівняння видатків та вигод, які отримують від зменшення ризику.

Послідовність вивчення небезпек.

Стадія І. Попередній аналіз небезпеки.

Крок 1. Виявити джерела небезпеки.

Крок 2. Визначити частини системи, які можуть викликати ці небезпеки.

Крок 3. Ввести обмеження на аналіз, тобто виключити небезпеки, які не будуть вивчатися.

Стадія ІІ. Виявлення послідовності небезпечних ситуацій, побудова дерева подій та небезпек.

Стадія ІІІ. Аналіз наслідків.



1.10. СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ У БЕЗПЕЦІ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Мета системного аналізу безпеки полягає в тому, щоб виявити причини, що впливають на появу небажаних подій (аварій, катастроф, пожеж, травм тощо) та розробити попереджувальні заходи, що зменшують імовірність їх появи.

Системний аналіз небезпек (САН) — це сукупність методологічних засобів, що використовуються для підготовки та обґрунтування рішень із складних проблем, у даному випадку безпеки.

Система — це сукупність взаємопов'язаних елементів, які взаємодіють між собою таким чином, що досягається певний результат (мета).

Попередній аналіз небезпек (ПАН) — це аналіз загальних груп небезпек, присутніх в системі, їх розвитку та рекомендації щодо контролю. ПАН є першою спробою в процесі безпеки систем визначити та класифікувати небезпеки, які мають місце в системі. Проте в багатьох випадках цьому аналізу може передувати підготовка попереднього переліку небезпек.

Системи мають якості, яких може не бути у елементів, які їх утворюють. Ця найважливіша властивість систем, що іменується *емерджентністю*[♦], лежить, по суті, в основі системного аналізу взагалі та проблем безпеки у цілому. Методологічний курс системного аналізу незвичайний: у ньому переплітаються елементи теорії й практики, суворі формалізовані методи поєднуються з інтуїцією та власним досвідом, із евристичними прийомами.

Під елементами (складовими частинами) розуміють не тільки матеріальні об'єкти, а й відношення та зв'язки. Будь-яка машина є приклад технічної системи. Система, одним із елементів якої є людина, називається *ергативною*. Приклади ергативної системи: «людина — машина», «людина — машина — навколишнє середовище» тощо. Інакше кажучи, будь-який предмет може бути представлений як системне утворення.

Принцип системності розглядає явища у їх взаємному зв'язку, як цілісний набір або комплекс. Мету або результат, який дає система, називають *елементом*, що утворює систему. Наприклад, таке системне явище, як горіння (пожежа) можливе за наявності наступних компонентів: горюча речовина, окисник, джерело запалювання. Вилучаючи хоча б один із названих компонентів, ми руйнуємо систему.

Аналіз дерева помилок (АДП) вважається одним з найбільш корисних аналітичних інструментів у процесі системної безпеки, особливо при оцінці надзвичайно складних або деталізованих систем (рис. 1.19). Завдяки тому що він використовує *дедуктивний логічний метод* (тобто поступово рухається від загального до часткового), він дуже корисний при дослідженні можливих умов, які можуть призвести до небажаних наслідків або яким-небудь чином вплинути на ці наслідки.

Логічні операції під час аналізу безпеки систем.

Логічні операції прийнято позначати відповідними знаками. Найчастіше використовуються операції «І» та «АБО». Операція (або вентиль) «І» вказує, що для отримання даного виходу необхідно дотримати всі умови на вході. Вентиль «АБО» вказує, що для отримання даного виходу повинна бути дотримана хоча б одна з умов на вході. Іншими словами, операція «І» означає, що подія Г буде мати місце, якщо відбудеться хоча б одна з подій Д або Є (або обидві).

«Дерево причин та небезпек» як система. Будь-яка небезпека реалізується, приносячи ушкодження, завдяки якійсь причині або кільком причинам. Без причин нема реальних небезпек. Отже, запобігання небезпекам або захист від них ґрунтується на знанні причин. Між реалізованими небезпеками та причинами існує причинно-наслідковий зв'язок; небезпека є наслідком певної причини (причин), яка, у свою чергу, є наслідком іншої причини і т. ін.

Таким чином, причини і небезпеки утворюють ієрархічні, ланцюгові структури та системи. Графічне зображення таких залежностей чимось нагадує дерево, що розгалужується. У закордонній літературі, присвяченій аналізу безпеки об'єктів, використовуються такі терміни як «дерево причин», «дерево відмов», «дерево небезпек», «дерево подій». У деревах, що будуються, як правило, є гілки причин та гілки небезпек, що повністю відображає діалектичний характер причинних та наслідкових зв'язків. Розділення цих гілок недоцільне, а іноді й неможливе.

[♦] Емерджентність (англ. emergence — виникнення, поява нового) в теорії систем — наявність в будь-якої системи особливих властивостей, не властивих її підсистемам і блокам, а також сумі елементів, не пов'язаних системо утворюючими зв'язками; неможливість об'єднання властивостей системи до суми її компонентів. Синонім — «системний ефект». В еволюціоністиці виражається як виникнення нових функціональних одиниць системи, які не зводяться до простих перестановок вже наявних елементів.

Тому точніше назвати отримані у процесі аналізу безпеки об'єктів графічні зображення «деревами причин та небезпек».

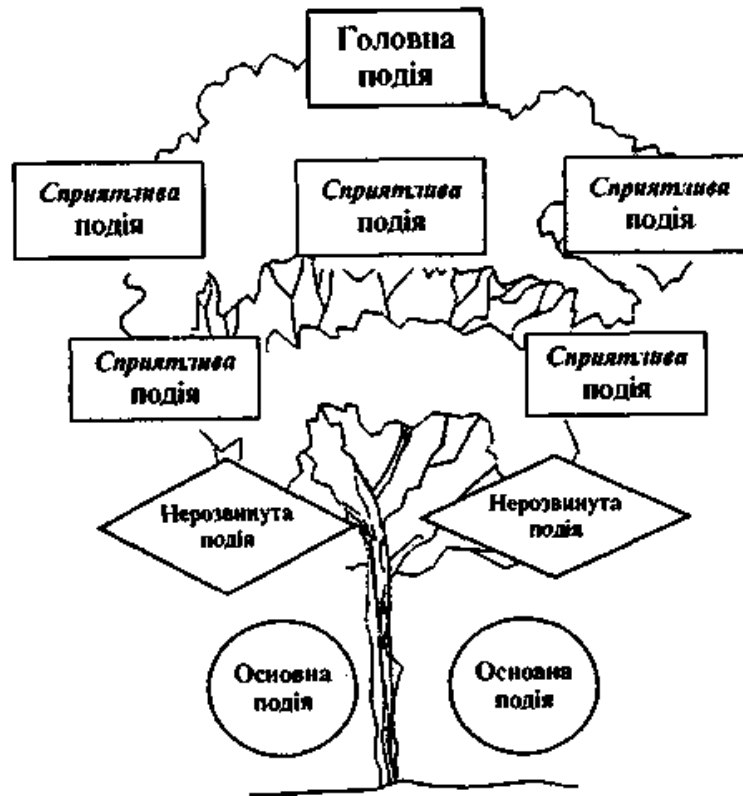


Рис. 1.19. Концепція дерева помилок

Побудова «дерев» є виключно ефективною процедурою виявлення причин різних небажаних подій (аварій, травм, пожеж, дорожньо-транспортних подій тощо). Багатоетапний процес розгалуження «дерева» потребує впровадження обмежень з метою визначення його межі. Ці обмеження цілком залежать від мети дослідження. Взагалі, границі розгалуження визначаються логічною доцільністю отримання нових гілок.

Аналіз безпеки може здійснюватися апіорно або апостеріорним методом, тобто до або після небажаної події. У обох випадках використовуваний метод може бути прямим і оберненим.

А п р і о р н и й а н а л і з. Дослідник вибирає такі небажані події, які є потенційно можливими для даної системи, і намагається скласти набір різних ситуацій, що можуть призвести до їх появи.

А п о с т е р і о р н и й а н а л і з. Виконується після того, як небажані події вже відбулися. Мета такого аналізу — розробка рекомендацій на майбутнє.

Апіорний та апостеріорний аналізи доповнюють один одного. Прямий метод аналізу полягає у вивченні причин, щоб передбачити наслідки. При оберненому методі аналізуються наслідки, щоб визначити причини, тобто аналіз починається із кінцевої події. Кінцева мета завжди одна — запобігання небажаним подіям.

Маючи імовірність та частоту виникнення первинних подій, можна, рухаючись знизу вгору, визначити імовірність кінцевої події. Основною проблемою під час аналізу безпеки є встановлення параметрів та меж системи. Якщо система буде занадто обмежена, то з'являється можливість отримання розрізаних несистематичних попереджувальних заходів, тобто деякі небезпечні ситуації можуть залишитися без уваги. З іншого боку, якщо розглядувана система надто велика, то результати аналізу можуть виявитися надто невизначеними. Перед дослідником

стоїть питання також про те, до якого рівня потрібно вести аналіз. Відповідь на це питання залежить від конкретної мети аналізу.



1.11. ПРИНЦИПИ, МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ

Загальні визначення. У структурі загальної теорії безпеки принципи й методи грають евристичну та методологічну роль і дають цілісне уявлення про зв'язки у розглядуваній галузі знання.

Про значення принципів французький філософ Гельвецький (1715—1771) писав: «Знання певних принципів легко заміщає незнання певних фактів» (Твір «Об уме», 1758).

Принцип — це ідея, думка, основне положення.

Метод — це шлях досягнення мети, що виходить із знання найзагальніших закономірностей.

Принципи й методи забезпечення безпеки відносяться до спеціальних на відміну від загальних методів, притаманних діалектиці та логіці. Методи й принципи певним чином взаємопов'язані. Засоби забезпечення безпеки у широкому смислі — це конструктивне, організаційне, матеріальне втілення, конкретна реалізація принципів та методів.

Принципи, методи, засоби — логічні етапи забезпечення безпеки.

Вибір їх залежить від конкретних умов діяльності, рівня безпеки, вартості та інших критеріїв.

Принципів забезпечення безпеки багато. Їх можна класифікувати за кількома ознаками. Наприклад, орієнтовні, технічні, організаційні, керівницькі.

Принципи забезпечення безпеки праці:

О р і є н т о в н і

1. Активності оператора. 2. Гуманізації діяльності. 3. Деструкції. 4. Заміни оператора. 5. Класифікації. 6. Ліквідації небезпеки. 7. Системності. 8. Зменшення небезпеки.

Т е х н і ч н і

1. Блокування. 2. Вакуумування. 3. Герметизації. 4. Захисту відстанню. 5. Компресії. 6. Міцності. 7. Слабкої ланки. 8. Флегматизації. 9. Екранування.

О р г а н і з а ц і й н і

1. Захист часом. 2. Інформації. 3. Резервації. 4. Несумісності. 5. Нормування. 6. Підбору кадрів. 7. Послідовності. 8. Ергономічності.

К е р і в н и ц ь к і

1. Адекватності. 2. Контролю. 3. Оборотного зв'язку. 4. Відповідальності. 5. Плановості. 6. Стимулювання. 7. Керування. 8. Ефективності.

Розглянемо детальніше деякі принципи. Для цього дамо визначення кожного розглядуваного принципу і наведемо приклади його реалізації.

Принцип нормування полягає у встановленні таких параметрів, дотримання яких забезпечує захист людини від відповідної небезпеки. Наприклад: ГДВ, ГДК, ГДС, норми перенесення та піднімання вантажів, тривалість трудової діяльності тощо.

Принцип слабкого ланцюга полягає в тому, що в розглядувану систему (об'єкт) з метою забезпечення безпеки вводиться елемент, який влаштований так, що сприймає або реагує на зміну відповідного параметра, запобігаючи небезпечному явищу.

Приклади реалізації даного принципу: запобіжні клапани, розривні мембрани, захисне заземлення, відводи блискавки, запобіжники тощо.

Принцип інформації полягає у передачі та засвоєнні персоналом відомостей, виконання яких забезпечує відповідний рівень безпеки. Приклади реалізації: навчання, інструктажі, кольори та знаки безпеки, попереджувальні написи, маркування обладнання, джерел законодавства та ін.

Принцип класифікації (поділу на категорії) полягає у поділі об'єктів на класи та категорії за ознаками, пов'язаними із небезпеками. Приклади: санітарно-захисні зони (5 класів), категорії виробництв (приміщень) за вибуховою та пожежною небезпекою (А, Б, В, Г, Д) тощо.

Для позначення основних методів забезпечення безпеки, введемо наступні визначення:

Гомосфера — простір (робоча зона), де перебуває людина у процесі розглядуваної діяльності.

Ноксосфера — простір, у якому постійно існують або періодично виникають небезпеки. Поєднання гомосфери та ноксосфери недопустиме із позицій безпеки. Забезпечення безпеки досягається трьома основними методами:

Метод А, складається у просторовому і (або) часовому розділенні гомосфери та ноксосфери. Це досягається засобами дистанційного керування, автоматизації, роботизації тощо.

Метод Б, полягає у нормалізації ноксосфери шляхом усунення небезпек. Це сукупність заходів, що захищають людину від шуму, газу, пилу, небезпеки травмування та інші засоби колективного захисту.

Метод В, містить гаму проектів та засобів, спрямованих на адаптацію людини до відповідного середовища та на підвищення її захищеності. Даний метод реалізує можливості професійного відбору, навчання, психологічного впливу.

У реальних умовах реалізується комбінація названих методів ЗІЗ.

Засоби забезпечення безпеки поділяються на засоби *колективного (ЗКЗ) та індивідуального захисту (ЗІЗ)*. У свою чергу ЗКЗ та ЗІЗ поділяються на групи залежно від характеру небезпек, конструктивного виконання, області застосування тощо.



1.12. КЛАСИФІКАЦІЯ ОСНОВНИХ ФОРМ ДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ

Розрізняють *фізичну* та *розумову* працю. Під час фізичної праці, в основному, відбуваються зміни у системах, що забезпечують м'язову діяльність, дихання, кровообіг, терморегуляцію. Під час розумової праці навантаження несе нервова система. Для одних видів розумової праці характерне підвищення емоційної напруги, для інших — одноманітність.

Кожна конкретна праця вимагає певних фізичних зусиль, нервово-психічних витрат, емоційної напруги і відбувається за різних санітарно-гігієнічних та кліматичних умов. Все це впливає на виконавця праці — людину. Тому завданням наук, що займаються проблемами праці, є вивчення зі своїх позицій багатогранних зв'язків між людиною та об'єктивними факторами праці. До таких наук відносяться фізіологія, гігієна, психологія та безпека праці.

Фізіологія праці — спеціальний розділ фізіології, який вивчає зміни функціонального стану організму людини під впливом його трудової діяльності та фізіологічно обґрунтовує наукову організацію трудового процесу, яка сприяє тривалому збереженню працездатності людини на високому рівні. Предметом фізіології праці є трудовий процес людини у його фізіологічних характеристиках.

Гігієна праці — спеціальний розділ гігієни, який вивчає вплив різних факторів виробничого середовища та організації праці на здоров'я людини, розробляє гігієнічні заходи щодо ліквідації різних професійних шкідливостей, збереженню здоров'я працюючих, підвищенню їхньої працездатності та продуктивності праці. Гігієну праці слід відрізнити від виробничої санітарії, яка на практиці здійснює застосування досягнень гігієнічної науки.

У міру розвитку виробничих сил зростало значення функцій організації та керування трудовим процесом, а отже, збільшувалася питома вага розумової праці. Різні види трудової діяльності вимагають обліку не тільки антропометричних (антропометрія - наука, що вивчає розмір тіла людини) і фізіологічних властивостей людини, але, в основному, її психологічних властивостей (швидкості реакції, особливостей пам'яті та уваги, емоційної установки тощо). Зміна характеру взаємодії людини і техніки спричинила виникнення нової наукової дисципліни — психології праці.

Психологія праці вивчає психологічні особливості трудової діяльності людини та процеси формування у неї якостей, професійно важливих для підвищення продуктивності праці. Предмет вивчення психології праці — як сама трудова діяльність людини, так і характерні риси особистості працюючого, конкретні виробничі обставини, відносини між особистостями.

За умов автоматизації та кібернетизації виробництва людина все більше віддаляється від об'єктів, на які повинна діяти, та від процесів, якими має керувати. На зміну контактному способу керування, коли головна роль належить особистому сприйняттю виробничого процесу, приходять дистанційний спосіб, коли автоматизовані пристрої передають людині на спеціальні індикатори інформацію про хід роботи. Якщо токарь сам спостерігає процес обробки металу, то енергодиспетчер на ділянці залізниці не може бачити реальні підстанції або роз'єднувачі: він оцінює їх роботу за сигналами на табло, тобто на основі оперативної інформації, що надходить до нього.

Зміна характеру виробничої діяльності по-іншому поставила проблему взаємодії людини і техніки. Можливості людини завдяки розвитку техніки розширилися, але техніка, у свою чергу, настільки ускладнилася, що людині вже важко нею керувати. Виникає завдання узгодження конструкції машин з психологічними та фізіологічними можливостями людини.

Якою б досконалою не була техніка, її якісне використання залежить від дій операторів, що керують нею. Цим пояснюється необхідність вивчення роботи машин і діяльності операторів у єдиному комплексі “людина - машина”.

Одночасно з розвитком фундаментальних наук про працю розвиваються і прикладні науки. Вони вирішують питання удосконалення процесів та умов праці на основі даних фізіології й психології праці, а також інших наук про людину й трудові процеси. Нормалізації праці операторів, раціональному пристосуванню складної техніки до можливостей людини сприяли дослідження з інженерної психології.

Інженерна психологія досліджує питання взаємодії, взаємоузгодження можливостей людини і сучасної техніки в рамках єдиної системи. Предметом інженерної психології є вивчення і оптимізація системи “людина — машина”. Термін “машина” в інженерній психології трактується досить широко; він визначає будь-яке технічне обладнання, з яким працює людина, причому система “людина — машина” розглядається як один з прикладів систем керування.

Отже, інженерна психологія, з одного боку, вивчає вимоги обладнання до психічних можливостей людини (швидкість, точність, надійність та ефективність роботи), а з іншого, досліджує людські можливості з метою оптимізації цих двох

аспектів єдиного процесу.

Розвиток техніки, особливо останнім часом, показав, що при створенні людино-машинних систем межі психофізіо-логічних можливостей людського організму важко подолати, вони досить жорсткі і утворюють одне з найбільш вузьких місць. З'явилася необхідність у *багатомірній* оптимізації системи “людина-виробниче середовище-машина”, у *всебічному* обліку “людських” і технічних факторів для досягнення заданої ефективності систем контролю та керування.

Комплексний, системний підхід до вказаних проблем сприяв народженню нової науки — ергономіки.

Ергономіка (від грец. *ergon* — робота, *nomos* — закон) займається комплексним вивченням і проектуванням трудової діяльності людини з метою оптимізації знарядь, умов та процесу праці. Ергономічний підхід до вивчення трудової діяльності не дублює досліджень в галузі медико-біологічних наук (анатомії, фізіології та психології), ергономіка ґрунтується на них та їх доповнює. Крім того, ергономіка гостріше ставить проблеми і сприяє інтенсивній розробці їх.

Предметом ергономіки є трудова діяльність людини, а об'єктом дослідження — система “людина - виробниче середовище - машина”. Оптимізація трудової діяльності та умов її здійснення дає змогу добиватися суттєвого підвищення ефективності й надійності діяльності людини.

До ергономічних показників трудового процесу, що забезпечують максимальну ефективність, безпеку та комфортність праці, відносять:

- гігієнічні (фактори зовнішнього середовища — температура, фізико-хімічний склад і швидкість руху повітря, освітленість, шум тощо);
- антропометричні та біомеханічні, що характеризують відповідність знарядь праці розмірам, формі та масі тіла людини, оптимальним зусиллям, напрямку рухів тощо;
- фізіологічні та психофізіологічні, що встановлюють відповідність виконання трудових операцій швидкісним, енергетичним, зоровим та іншим можливостям людини;
- психологічні, що характеризують відповідність трудового процесу навичкам, що закріплюються та формуються, а також можливостям сприймання, пам'яті та мислення;
- естетичні, що визначають відповідність трудової діяльності естетичним потребам людини і реалізуються у художньо-конструкторських рішеннях робочих місць (знарядь праці) та виробничого середовища.

Ергономіка органічно пов'язана з технічною естетикою, вона являє собою науку, яка вивчає соціально-культурні, технічні та естетичні проблеми формування гармонійного середовища, створюваного засобами промислового виробництва для життя та діяльності людини. Точки стикування цих наук численні й особливо очевидні, коли ергономіку залучають для вирішення завдань, безпосередньо пов'язаних з технікою безпеки.

Отже, ергономіка у тісному зв'язку з технічними, природничими та суспільними науками створює для людини такі умови, які забезпечують їй високопродуктивну та безпечну працю.



1.13. ФАКТОРИ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ЛЮДИНИ

Працездатність — одна з основних характеристик якості трудової діяльності людини, яка визначає його потенціальні можливості виконувати конкретну роботу при заданих режимах. Працездатність людського організму — змінна величина, яка змінюється в широкому діапазоні під впливом багатьох факторів. Один з цих факторів — втома.

Працездатність — одна з основних характеристик якості трудової діяльності людини, яка визначає його потенціальні можливості виконувати конкретну роботу при заданих режимах. Працездатність людського організму — змінна величина, яка змінюється в широкому діапазоні під впливом багатьох факторів. Один з цих факторів — втома.

Працездатність людини в процесі її трудової діяльності характеризується фазністю протягом дня. Крива працездатності має три фази — втягування в роботу, стійка працездатність і спад працездатності.

Перша фаза характеризується підвищенням працездатності. Цей період триває в середньому 1-1,5 год, після цього встановлюється необхідний рівень працездатності. Тривалість періоду втягування в роботу може коливатися у широких межах залежно від умов праці, стану, індивідуальних особливостей людини. Швидкість, а в деяких випадках і точність дій людини в цій фазі знижені. Саме цим і пояснюється велика кількість нещасних випадків.

Друга фаза характеризується досить високою працездатністю. У цей період максимальний результат досягається при мінімальній затраті енергії. Друга фаза триває в середньому 2-2,5 год.

Третя фаза характеризується зниженням працездатності внаслідок втоми, яка призупиняється перервою на обід. Чим більше часу минає від початку третьої фази до перерви на обід, тим більш ймовірні помилки.

Рівень працездатності у другій половині робочого дня трохи нижчий, але співвідношення фаз повторюється. Лише фази втягування в роботу і стійкої працездатності стають коротшими, а третя фаза, яка характеризується зниженням працездатності, настає раніше.

Виявлено, що людині, незалежно від професії, важко починати роботу, затягується період втягування в роботу. Це особливо помітно у людей, які працюють у ранкову зміну.

Функціональний стан працівника і його працездатність поліпшується на другий день праці після вихідного і починає погіршуватися з п'ятого дня. Найвища працездатність спостерігається на третій день праці, найнижча — на шостий, з одним вихідним днем.

В т о м а — фізіологічний стан організму людини, що виникає в результаті роботи у вигляді зниження працездатності. Втома пов'язана з фізіологічними, психологічними, медичними і техніко-економічними факторами. Багато з них можна розглядати як комплексні, тобто ергономічні.

Втома є найбільш частою причиною зниження працездатності. Втома, яка розвивається під час роботи, — нормальний стан організму, який минає після одноразового відпочинку. Якщо відчуття втоми після відпочинку (нічного сну) не минає, то це свідчить про початок перевтоми. Перевтома виникає як наслідок хронічного перевантаження, коли втома від попередніх днів накопичується.

Під час керування автомобілем від 7 до 12 год водій здійснює ДТП удвічі, а при тривалості керування понад 12 год у 9 разів частіше, ніж під час роботи тривалістю до 7 год. Водії, які працюють більше 7 год, здійснюють 1/3 усіх ДТП.

Крім того, аварії водіїв, які працюють більше 12 год, зі смертельним наслідком виникають у 1,5 рази частіше.

Причиною помилок водіїв при тривалій їзді є втома, яка знижує працездатність і може бути безпосередньою причиною ДТП чи несприятливою умовою, яка утруднює дії в аварійних ситуаціях. Коли людина після напруженої праці вдень систематично недосипає вночі, то втома у неї починає з'являтися зранку ще до початку роботи. Перевтома виникає і за нормального нічного відпочинку, якого може виявитися не досить, якщо робота за інтенсивністю і тривалістю перевищує психофізіологічні можливості людини. Перевтома виявляється у швидкій втомі, роздратованості, сонливості вдень і поганому сні вночі, загальній слабкості, болі в ділянці серця, головному болі, погіршенні апетиту. За появи прикмет перевтоми слід негайно звернутися до лікаря, оскільки продовження роботи у стані перевтоми призводить до виснаження нервової системи і може стати причиною неврозу. Крім того, в такому стані взагалі не рекомендується працювати, бо можливі всілякі помилки через зниження працездатності.

Залежно від характеру виконуваної роботи розрізняють втому розумову, фізичну та емоційну. Втома людини є комбінованою, тобто розумовою, фізичною та емоційною. Однак нервове напруження працівників більшості професій призводить до переваги втоми.

За втоми знижується гострота і зменшується поле зору, змінюються пульс і артеріальний тиск. Одночасно знижуються інтенсивність і стійкість уваги, сповільнюється її переключення, збільшується час сенсомоторних реакцій, порушується мислення, що виражається в сповільненні процесів обробки інформації. У результаті збільшується час прийняття і виконання рішень, виникає почуття гнітючого напруження і невпевненості. У стані втоми знижується ступінь автоматизму раніше напрацьованих навичок, утруднюється здобуття нових знань і формування навичок, порушуються точність і координація рухів, послаблюються воля, рішучість, контроль за діями, частішають короткочасні відволікання уваги від виконуваної роботи.

Характерним симптомом втоми і перевтоми є розлад сну: сонливість удень і безсоння вночі. Сонливість і засипання працівника на виробничому місці — найнебезпечніші прояви втоми, які нерідко призводять до аварій. Наприклад, у США 8% усіх водіїв, які стали учасниками ДТП зі смертельним наслідком, на час пригоди спали чи були в стані вираженої втоми. Рекомендуються спеціальні прилади, які і повинні запобігти сонливості людей на робочих місцях, — прилади пильності. Виникнення сонливості за кермом автомобіля залежить і від самого водія. Йому не рекомендується тривалий час дивитися поперед, себе, фіксуючи погляд на одній точці. Наприклад, відблиску хромованого заднього бампера, автомобіля, який іде попереду, нерідко на довгий час привертає погляд водія, що викликає так званий дорожній гіпноз.

В умовах довготривалої безперервної, роботи порушуються щонайменше складні функції психічної діяльності, які вимагають високої творчої активності, але при збереженні простих, доведених до автоматизму навичок. Тому у ситуаціях, які вимагають критичного аналізу обстановки, але стандартних рішень і дій, можуть виникнути грубі помилки.

Втома розвивається швидше у молодих, недосвідчених працівників, що пов'язано з їх великим нервово-психічним напруженням під час виконання роботи. У досвідчених працівників, які мають високу кваліфікацію, добрі навички, емоційне напруження виражене менше і втома виникає пізніше.

Психічна діяльність людини стимулюється інформацією, яка надходить. Для оптимального перебігу психічних процесів необхідний оптимальний рівень

інформаційного навантаження. Надлишок чи нестача інформації призводять до розвитку втоми. Важливе значення має також характер інформації, яка надходить.

Часом під впливом одноманітної роботи у людини виникає загальмований стан, який характеризується апатією млявістю, появою відволікаючих думок, які не стосуються виконуваної роботи. Багато нещасних випадків на робочих місцях пов'язують із загальмованим станом працюючого.

Втома, як суб'єктивне переживання, може допомогти людині оцінити свою працездатність. Прикметою втоми може бути поява незначних помилкових дій, бажання випростатися, змінити позу, помітне зниження інтенсивності і стійкості уваги, мимовільна поява думок, не пов'язаних з виконуваною роботою, зниження вольового зусилля, необхідного для подолання цих негативних явищ.

Продуктивність праці на початку розвитку втоми деякий час може й не знижуватися, коли вольовими зусиллями людина змушує, себе працювати з тими самими кількісними якісними показниками. У стані втоми працюючий може уникнути помилок навіть за раптової зміни виробничої ситуації за рахунок підвищення інтенсивності уваги і готовності до дії. Втома в цей період називається *компенсованою*. Однак така компенсація вимагає підвищеної витрати енергії і нарешті настає момент, коли, незважаючи на жодні зусилля, продуктивність праці знижується за кількісними і якісними показниками. Втома в цей період стає *некомпенсованою*, оскільки порушення, які виникають, вже не можна відвернути вольовим зусиллям.

Доведено, що до 9—10 год праці відбувається спад активності, а після 10 год настає неприпустиме з боку безпеки порушення працездатності, тобто розвивається некомпенсована втома. Це виражається у різкому зростанні часу зорово-рухової реакції, зниженні пропускну здатності аналізаторів, зменшенні частоти пульсу, зміні процесів у серцевому м'язі та інших порушеннях. Час сенсомоторної реакції після зміни збільшується на 113,7 %, порушення сенсомоторної координації — на 75,6 %, тремтіння пальців рук — на 70,9 %. Спроби боротися з втомою засобами збудження не дають бажаних наслідків. Після нетривалого нервового піднесення настає різкий спад, що спричинює хворобливий стан. Тому загострення хронічного процесу і навіть легке гостре захворювання (нежить, ангіна та ін.) може стати причиною помилок, які призводять до нещасних випадків. На початку гострого чи під час загострення хронічного захворювання порушується перебіг психічних процесів, що виражається у сповільненому сприйманні та мисленні, зниженні функцій уваги та пам'яті, збільшенні часу реакцій, порушенні координацій рухів. У результаті під час різкої зміни виробничих ситуацій працівник не може швидко й точно оцінити нову ситуацію, своєчасно прийняти правильне рішення і безпомилково виконати необхідні дії.

Французькі вчені визначили, що із 1300 випадків позбавлення посвідчення водія у осіб, які порушили правила руху, 150 водіїв мали гостроту зору нижче допустимої норми, у 138 був підвищений артеріальний тиск, 34 страждали психічними розладами, 31 — діабетом, 14 — серцево-судинними захворюваннями, 42 — розладом рухової функції. У цій же країні 6,8 % ДТП зі смертельним наслідком скоюються в результаті фізичних недоліків, втоми і непритомності. У Німеччині із 12 млн осіб, які мають посвідчення водія, 70 тис. хворі на діабет, який може стати причиною раптової втрати свідомості. Серед причин, які призводять до втрати свідомості у водіїв при керуванні автомобілем, 1/5 пов'язана з серцевими захворюваннями. У США в результаті гострого інфаркту міокарда щорічно виникає до 2 тис. ДТП. При цьому в чотирьох-п'яти випадках із 14 приступи сильного серцевого болю виникають настільки раптово, що водій не встигає зупинити автомобіль.

У Німеччині від 10 до 20 % ДТП пов'язані з вживанням водіями ліків. В Австрії і Швеції близько 15 % водіїв, з вини яких сталися ДТП, протягом 24 год до цього приймали який-небудь заспокійливий засіб. Австрійський учений Вагнер стверджує, що у 16 % причинами ДТП є приймання снодійних та інших лікарських засобів. Від 4 до 20 % водіїв приймають ліки без призначення лікаря. ДТП нерідко виникають у результаті сонного стану водіїв чи їх засинання за кермом автомобіля. Причиною такого стану може стати приймання снодійних, загально-заспокійливих чи лікарських засобів, які знижують артеріальний тиск. Тому при лікуванні всіма цими препаратами водій повинен бути звільнений від роботи чи тимчасово переведений на іншу, не пов'язану з керуванням автомобіля.

Небезпечно вживати і протигарячкові засоби (аспірин, анальгін та ін.), тому що вони викликають підвищену пітливість, загальну млявість, зниження гостроти зору і слуху.

Негативно впливають на стан і працездатність водіїв антибіотики та сульфаніламідні препарати, деякі із за довготривалого використання можуть призвести до порушення кольоровідчуття. Такі препарати, як димедрол і супрастин можуть викликати почуття втоми, сонливості й запаморочення. Особливо небезпечні очні краплі, які містять атропін, який розширює зіницю, що призводить до звуження поля зору й порушення окоміру протягом доби. Важливу роль у підвищенні ймовірності ДТП відіграє зумовлене хворобою зниження працездатності водіїв, а саме, навіть погіршення самопочуття призводить до збільшення ймовірності ДТП. Це добре ілюструє коефіцієнт ймовірності ДТП (відношення кількості ДТП за три роки на 100 водіїв, які скаржилися на самопочуття, до такої ж кількості водіїв, які не скаржилися) (табл. 1.6.)

Таблиця 1.6. Коефіцієнт ймовірності ДТП при скаргах водія

Скарги водія	Коефіцієнт ймовірності ДТП
Неуважність	183,4
Роздратованість	172, 3
Зниження уваги	159,7
Сонливість	157, 8
Головний біль	145, 9
Сухість у роті	145, 9
«Пісок» в очах	145, 2
Тривожні сни	145,2
Млявість	121,5

Ступінь впливу захворювань водіїв на ймовірність ДТП показаний на рисунку 1. Слід зауважити, що ступінь впливу того чи іншого захворювання на ймовірність ДТП значно змінюється залежно від багатьох факторів: тяжкості і форми захворювання, умов і напруженості праці, особливостей особистості тощо. Зокрема, ймовірність ДТП за гіпертонічної хвороби підвищується приблизно в 2, 5 разів, що можна пояснити як зниженням працездатності хворих, так і більш інтенсивним розвитком у них процесів втоми.



1.14. ФІЗИОЛОГІЧНА ДІЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

П о в і т р я н е с е р е д о в и щ е — це природна багатогазова суміш, з якої складається атмосфера. Сухе повітря за об'ємом складається з азоту — 78,084%, кисню — 20,947, аргону — 0,934, вуглекислого газу — 0,031, інших газів та випадкових домішок — 0,003%. Об'єм водяної пари може коливатися від 0,2 до 2,6%.

Працездатність людини та його самопочуття залежать не тільки від складу повітря, а й від м і к р о к л і м а т у — фізичного стану повітряного середовища, який визначається поєднанням температури, вологості, швидкості руху і тиску повітря, що діють на організм, а також температурою оточуючих поверхонь.

Т е м п е р а т у р а п о в і т р я — один з основних параметрів, що характеризують його стан. Під час метеорологічних спостережень температуру повітря оцінюють, як правило, за даними “сухого” термометра психрометра і позначають t_c . Для характеристики ступеня нагрітості поверхонь, що оточують людину, вводять поняття середньої температури $t_{\text{п}}$. Температура вимірюється у градусах Цельсія або Кельвіна.

Швидкість переміщення повітряних потоків під дією різних спонукаючих сил називається *швидкістю руху повітря* V , числові значення якої вимірюються у метрах за секунду.

А т м о с ф е р н и й т и с к — це величина, що характеризує дію сил, зумовлених масою стовпа повітря на одиничну поверхню. Нормальним вважають атмосферний тиск, що дорівнює 1013,25 гПа (760 мм рт. ст.).

А б с о л ю т н а в о л о г і с т ь п о в і т р я — це пружність (або парціальний тиск) водяної пари, що перебуває у повітрі

$$e = E - A(t_c - t_b)p,$$

де E — пружність насиченої водяної пари при температурі “вологого” термометра психрометра t_b , гПа; A — психрометрична стала — коефіцієнт, що залежить від швидкості руху повітря; t_c , t_b — показання “сухого” (температура повітря) та “вологого” термометрів, °С; p — атмосферний тиск на момент вимірювання вологості, гПа.

М а к с и м а л ь н а в о л о г і с т ь E — пружність водяної пари, ймовірна при температурі t_c , або густина водяної пари, що здатна наситити одиницю об'єму повітря за даних умов.

В і д н о с н а в о л о г і с т ь п о в і т р я — це відношення абсолютної вологості до максимальної, виражене у відсотках: $R = (e/E) \times 100$.

Незважаючи на можливі коливання параметрів мікроклімату (у певних межах), температура тіла людини залишається сталою (36,5 °С).

Мікроклімат у виробничих приміщеннях звичайно контролюється у робочій зоні, тобто у просторі до 2 м заввишки над рівнем підлоги або майданчика, на яких розміщені місця постійного або тимчасового перебування працюючих людей. Під час розрахунків умов мікроклімату враховується все тепло, що впливає на температуру повітря у виробничому приміщенні і надходить туди від опалювальних приладів, нагрітих матеріалів, обладнання, людей та інших джерел тепла, а також у результаті теплового впливу сонячної радіації. Цю сумарну кількість тепла називають *явним теплом*.

Повітря робочої зони — це колоїдна система, де у газоподібному середовищі знаходяться зважені частинки твердих або рідких речовин. Такі системи називають

аерозолями. До них відносять дими, тумани, запилене повітря. Активність аерозолів та їх шкідлива дія на людину визначаються, в основному, двома факторами: дисперсністю та концентрацією. *Дисперсність* — це ступінь подрібнення твердих або рідких тіл на частинки (чим вони дрібніші, тим більша дисперсність). *Концентрація* кожної шкідливої речовини регламентується гранично допустимими концентраціями (ГДК), тобто кількістю речовини в міліграмах в одному кубічному метрі повітря, яка не може викликати захворювання або відхилення у стані здоров'я.

Основними документами у галузі гігієни праці і виробничої санітарії є: ССБП, Санітарні норми проектування промислових підприємств, Будівельні норми та правила. Ці документи регламентують величину та ступінь впливу на людину того чи іншого небезпечного або шкідливого виробничого фактора.

Створення нормальних умов праці можливо тільки за наявності науково обґрунтованих вимог і рекомендацій, методик, норм і правил, узагальнених у нормативні матеріали. Стан зовнішнього середовища на робочому місці характеризують як комфортний, відносно комфортний, екстремальний і надекстремальний.

Комфортний стан забезпечує оптимальні показники працездатності, добре самопочуття та збереження здоров'я працюючої людини; передбачає оптимальні значення санітарно-гігієнічних факторів.

Відносно комфортний стан забезпечує задану працездатність і збереження здоров'я працівника впродовж певного інтервалу часу, однак викликає неприємні суб'єктивні відчуття і функціональні зміни, які не виходять за межі норми. Такий стан зовнішнього середовища зумовлений гранично допустимими значеннями санітарно-гігієнічних факторів.

Екстремальний стан викликає зниження працездатності, а також функціональні зміни, що виходять за межі норми, але не ведуть до патологічних порушень; настає при граничних значеннях санітарно-гігієнічних факторів, які можна витримати.

Надекстремальний стан спричиняє виникнення в організмі працюючого патологічних змін.

У практиці охорони праці звичайно користуються гранично допустимими нормами. Під час встановлення ГДК будь-якої речовини проводиться експериментальна перевірка його впливу на тварин у лабораторних умовах.

Гігієнічні нормативи та параметри мікроклімату у робочій зоні вказані також у ГОСТ 12.1.005-88. Робочою зоною вважають простір до 2 м заввишки над рівнем підлоги або майданчика, де розміщені робочі місця. Постійним називають робоче місце, на якому робітник зперебуває більше половини свого робочого часу або більше 2 год безперервно.

Мікроклімат у робочій зоні визначається поєднанням температури, вологості та швидкості руху повітря, що діють на організм людини, а також температурою оточуючих поверхонь. Підвищення вологості утруднює тепловіддачу організму шляхом випаровування за високої температури повітря, що сприяє перегріванню і, навпаки, підсилює тепловіддачу за низької температури, що спричиняє переохолодження. Оптимальним вважають таке поєднання параметрів мікроклімату, яке за тривалого впливу на людину забезпечує зберігання нормального функціонального стану організму без напруження його фізіологічних здатностей до терморегуляції, що створює відчуття теплового комфорту і є передумовою для високої працездатності. Однак оптимальні мікрокліматичні умови обов'язково підтримуються тільки на підприємствах, які обладнані приладами кондиціонування мікроклімату. А в інших випадках необхідно забезпечувати допустимі

мікрокліматичні умови, які можуть викликати невеликі зміни функціонального і теплового стану організму й напруження його фізіологічних здатностей до терморегуляції, що не виходять за межі фізіологічних пристосувальних можливостей. При цьому не виникають порушення стану здоров'я, але може виникнути погіршення самопочуття та зниження працездатності.

Зважаючи на кількість вироблюваного тепла і загальних енерговитрат організму залежно від важкості фізичної праці, ГОСТ 12.1.005-76 усі види робіт із витратою м'язової енергії поділяє на три категорії:

I категорія — легкі фізичні роботи, за яких енерговитрати людини складають не більше 175 Дж/с (150 ккал/год). Прикладом робіт, що відносяться до цієї категорії, є робота машиніста поїздного або маневрового локомотива;

IIa категорія — фізичні роботи середньої важкості, за яких витрати енергії складають 175 — 230 Дж/с (150 — 200 ккал/год). До цієї категорії можна віднести роботу помічника машиніста локомотива;

IIб категорія — фізичні роботи середньої важкості з енерговитратами 230 — 295 Дж/с (200 — 250 ккал/год). Сюди, наприклад, відносять роботу регулювальників швидкості руху вагонів та слюсарів з ремонту локомотивів;

III категорія — важкі фізичні роботи з енерговитратами більше 295 Дж/с. До цієї категорії відноситься робота складачів поїздів, монтерів шляху, електромонтерів контактної мережі, слюсарів вагонних депо.

Кількість тепла, Дж/с, що виробляється організмом людини під час розумової діяльності, характеризується даними, наведеними нижче.

Спокійне читання	105 — 115
Читання вголос	120
Робота на ПК	135
Робота у диспетчерській	140 — 175
Лекція у великій аудиторії	175 — 310

У повітрі можуть міститися пари, гази, пил різних речовин, що справляють шкідливий вплив на організм людини. За ступенем впливу на організм шкідливі речовини, відповідно до ГОСТ 12.1.007—76 “ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности” поділяють на чотири класи небезпечності: надзвичайно небезпечні, високо небезпечні, помірно небезпечні, мало небезпечні.

Шкідлива речовина (ШР) — речовина, яка під час контакту з організмом людини у випадку порушення вимог безпеки може викликати виробничі травми, професійні захворювання або відхилення у стані здоров'я, які визначаються сучасними методами як у процесі роботи, так і у віддалені строки життя нинішнього та майбутнього поколінь.

Клас небезпечності шкідливих речовин встановлюють залежно від норм показників. Відносять шкідливу речовину до класу небезпечності за показником, значення якого відповідає найвищому класу безпеки.

Гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони — це концентрації, які за щоденної (крім вихідних днів) роботи протягом 8 год або за іншої тривалості, але не більше 41 год на тиждень, упродовж усього робочого стажу не можуть викликати захворювань або відхилень у стані здоров'я, які були б визначені методами досліджень у процесі роботи або у віддалені строки життя нинішнього та майбутніх поколінь.

Середня смертельна доза під час введення у шлунок — доза речовини, що викликає загибель 50% тварин під час одноразового введення у шлунок.

Середня смертельна концентрація у повітрі — концентрація речовини, що викликає загибель 50% тварин під час дво—чотиригодинного інгаляційного впливу.

Середня смертельна доза під час нанесення на шкіру — доза речовини, що викликає загибель 50 % тварин під час одноразового нанесення на шкіру.

Коефіцієнт можливості інгаляційного отруєння — відношення максимально досяжної концентрації шкідливої речовини у повітрі за температури 20 °С до середньої смертельної концентрації речовини для мишей.

Зона гострої дії — відношення середньої смертельної концентрації шкідливої речовини до мінімальної (порогової) концентрації, що викликає зміну біологічних показників на рівні цілісного організму, які виходять за межі пристосувальних фізіологічних реакцій.

Зона хронічної дії — відношення мінімальної (порогової) концентрації, що викликає зміну біологічних показників на рівні цілісного організму, які виходять за межі пристосувальних фізіологічних реакцій, до мінімальної (порогової) концентрації, що викликає шкідливу дію у хронічному експерименті по 4 год п'ять разів на тиждень протягом не менше чотирьох місяців.

Вміст шкідливих речовин у повітрі не повинно перевищувати встановлених у ГОСТ 12.1.005 – 88 гранично допустимих концентрацій (ГДК).



1.15. БІОЛОГІЧНІ РИТМИ ЛЮДИНИ

Наука, яка вивчає біологічні ритми, називається **хронобіологією**. Стан організму, окремих його органів і клітин змінюється, повторюючись через різні інтервали часу. Прикладами хронобіологічного функціонування організму можуть бути серцебиття, скорочення і розслаблення м'язів, зміна артеріального тиску, температури тіла, настрою, самопочуття, ділової активності. Як і більшість періодичних процесів, ці зміни належать до ритмів, а оскільки вони характеризують живу систему, їх назвали біологічними.

У складному ансамблі добових ритмів одним із головних вчені вважають ритм температури тіла: вночі вона дещо нижча, до ранку підвищується і досягає максимуму до 18 год. Цей ритм у процесі еволюції давав змогу підлаштовувати активність організму до періодичних температурних коливань навколишнього середовища. Удень температура вища, тому вища й активність біохімічних реакцій, більш інтенсивно, відбувається обмін речовин в організмі, як наслідок, зростає рівень активності. Надвечір температура тіла знижується, і людині легше заснути. Ритм температури тіла повторюють показники багатьох систем організму: пульс, артеріальний тиск, дихання.

У синхронізації ритмів природа досягла неймовірної досконалості. До моменту пробудження у людини, ніби передбачаючи зростаючу з кожною хвилиною потребу у крові, накопичуються біологічно активні речовини: адреналін, деякі гормони кори передниркових залоз. Це готує людину до денного активного життя: підвищуються артеріальний тиск, частота пульсу, м'язова сила, працездатність і витривалість.

Добові ритми. Показники добового чи циркадного (близькодобового) ритму різних функцій є надійними орієнтирами благополуччя в організмі. Захворювання також характеризуються певною циклічністю. Відомо, що вночі стан хворих погіршується, частішають приступи бронхіальної астми, а стенокардія, інфаркт міокарда, інсульт частіше трапляються між 8-9 год ранку. Ранком підвищуються вимоги до забезпечення тканин киснем, поживними речовинами, тому

артеріальний тиск повинен піднятися, навантаження на серцево-судинну систему зростає, а цього не витримує змінене судинне русло.

Отже, добовий ритм фізіологічних функцій є біологічним і доречним. Завдяки йому людина може напружено працювати в години оптимального стану організму, використовуючи періоди порівняно низького рівня функцій для відновлення сил, що дуже важливо під час організації позмінної праці.

Виявляється, що 45 % людей взагалі погано пристосовуються до зміни добових графіків діяльності. У операторів непомітно розвивається стан монотонності: знижуються увага, готовність до дії, зростають апатія і сонливість. Частішають випадки, коли оператор відволікається від роботи на 30—50 с, не помічаючи цього. В результаті він пропускає важливі сигнали і, навіть помітивши їх, не реагує певним чином через те, що час входження в нове завдання при монотонності інколи збільшується в 3—4 рази, а точність дій знижується. З'являється і помилкова тривога — реакція на сигнал, якого немає.

Усі ці негативні явища набувають найбільшої вираженості у нічний час або в години природного зниження фізіологічних функцій. Західноєвропейська асоціація водіїв, вивчивши матеріали численних соціологічних опитувань водіїв і ознайомившись з результатами хронобіологічних досліджень, дійшла висновку, що у вечірні години у водіїв не тільки знижується швидкість реакції, виникає сонливість, але й суттєво зменшується гострота зору. У деяких вона падає майже на 70 %, насамперед у тих водіїв, які носять окуляри. Як радять експерти, єдина можливість запобігти аварії — їздити вночі утричі повільніше, ніж удень.

Питання ефективності діяльності в періоди біологічного спаду працездатності (1.00—3.00 год ночі) особливо важливі для тих виробництв, де помилкові дії можуть спричинити до катастроф.

Відповідальним за біоритми є гіпоталамус — відділ головного мозку, який регулює гормональні процеси. Значними при цьому є добові біоритми симпатико-адреналової системи, які полягають у максимальній активності (збільшенні виділення адреналіну) ранком (від 8 до 12 год), мінімальній — у середині дня (від 12 до 16 год), другому максимумі — у вечірній час (від 16 до 22 год) і найбільш вираженому мінімумі — в нічний час (від 22 до 8 год).

Важливими у житті людини є різкі зміни її діяльності у різних часових поясах. Якщо передбачається відповідальна робота в новому часовому поясі, спочатку слід перебудувати свій режим сну і активної діяльності на новий соціальний ритм. Залежно від тимчасового зсуву ця перебудова повинна займати від кількох днів до 2—3 тижнів. Відбуваючи в коротке відрядження, намагайтесь дотримуватися звичного розпорядку дня на місці постійного проживання.

Працездатність і біоритми. Не всі люди зазнають однотипних коливань працездатності протягом доби. Одні інтенсивніше працюють у першій половині дня, інші — у другій. Перші належать до «жайворонків»: вони ранком прокидаються, в першій половині дня бадьорі й працездатні, ввечері стають сонливими і рано лягають спати. Другі — «сови» — засинають далеко за північ, прокидаються пізно і тяжко, оскільки найбільш глибокий сон у них зранку.

Вчені припускають, що у «жайворонків» і «сов» різний поріг збудливості. «Жайворонкам» легше прокинутися ранком, оскільки вони сприймають ледь відчутний шум, підвищення освітленості тощо. Збудливість зростає разом з підвищенням температури тіла. Оптимуму збудливості «жайворонки» досягають зразу після пробудження, тому вони добре працюють у першій половині дня. Під вечір загальний рівень збудливості спадає, тому їх працездатність знижується. «Сови» мають більш високий поріг збудливості. Ранком вони погано виконують дозовану роботу, оскільки їх збудливість невисока. Оптимуму збудливості вони досягають лише надвечір, тоді й з'являється висока працездатність.

Шведський вчений Остберг, вивчивши біоритмологічні особливості великої групи людей різного віку виявив, що значна частина обстежених зазнає ритмічних коливань працездатності: 41 % надають перевагу праці у ранкові години, 30 % — у вечірні і навіть нічні, 29 % трудяться однаково ефективно у будь-які години. Під час детального вивчення динаміки фізіологічних функцій (частота пульсу, температура тіла, артеріальний тиск, працездатність, м'язова сила) виявлено суттєві розбіжності у осіб ранкового і вечірнього типу. У людей ранкового типу максимальні показники температури тіла, самопочуття, активності, настрою, м'язової сили тощо спостерігаються у першій половині дня, причому цьому передувало дуже ранній підйом — о 6 год ранку. У вечірніх же типів у ці години показники мінімальні, бо для них 6 год. ранку — це глибока ніч.

Дослідження дали змогу зробити важливий висновок: різниця в ритмі працездатності, яка характеризує «жайворонків» і «сов», зумовлюється певними особливостями гормональної і психічної сфер організму. Отже, ці властивості біологічних ритмів — внутрішньо властива організму прикмета, і її слід брати до уваги під час організації режиму праці та відпочинку.

Усі фактори поділяють на суб'єктивні (залежні від людини) та об'єктивні (не залежні від людини). Суб'єктивні характеризують стан працюючого, його індивідуальні особливості та рівень підготовленості до даного виду діяльності. Об'єктивні фактори поділяють на дві основні групи: апаратурні, що характеризують особливості технічних пристроїв, та зовнішні, що залежать від особливостей того середовища, в якому працює оператор.

До зовнішніх факторів відносять параметри середовища, що оточує оператора, об'єктивні умови обстановки та організацію діяльності. Остання включає режим роботи та відпочинку операторів, кількість робочих змін, можливість взаємозамінюваності тощо. Об'єктивні умови обстановки не завжди залежать від діяльності організаторів виробництва. До них, наприклад, відносять ступінь відповідальності оператора, роботу у нічний час, у аварійних ситуаціях тощо.

Апаратурні фактори займають особливе місце, оскільки за правильного обліку в процесі проектування чи експлуатації системи «людина - машина - виробниче середовище» може бути зведений до мінімуму негативний вплив технічних пристроїв на результати діяльності людини. Для цього, наприклад, робоче місце має бути організовано з урахуванням ергономічних вимог.

Р о б о ч и м м і с ц е м називають зону, оснащену необхідними технічними засобами, у якій відбувається трудова діяльність одного або групи виконавців.

О р г а н і з а ц і я робочого місця — це система заходів для оснащення робочого місця засобами і предметами праці та їх розміщення у певному порядку. Робоче місце має бути пристосоване для конкретного виду праці і для працівників певної кваліфікації з урахуванням їх фізичних і психологічних можливостей та особливостей. При організації робочих місць треба дотримуватися таких вимог:

- достатній робочий простір для працівника, що дає змогу виконувати всі необхідні рухи під час експлуатації й технічного обслуговування устаткування;
- достатні фізичні, зорові та слухові зв'язки між робітником та устаткуванням, а також між кількома робітниками;
- оптимальне розміщення робочих місць у виробничих приміщеннях, а також безпечні проходи для робітників;
- необхідне природне та штучне освітлення для виконання даної роботи й технічного обслуговування;
- допустимий рівень шуму та вібрації, створюваних устаткуванням,

розміщеним на робочому місці, або іншими джерелами;

- необхідні засоби захисту робітників від дії шкідливих та небезпечних виробничих факторів.

Під час організації робочого місця слід враховувати робоче положення виконавця (робота “сидячи”, “сидячи та стоячи”); конфігурацію та спосіб розташування панелей індикаторів і органів керування; потребу в обзорі робочого місця; використання робочої поверхні для виконання робіт, встановлення телефонних апаратів, зберігання інструкцій, матеріалів та інших предметів; потреба у просторі для ніг при роботі “сидячи”.

Одна з умов ефективної трудової діяльності полягає в контролі людиною своїх дій на основі інформації, що надходить ззовні через органи чуття, можливості кожного з яких обмежені. При обсягу інформації, що перевищує певну межу, орган чуття стає джерелом напруження і навіть небезпеки.

Зір — домінуюча здатність органів чуття людини: через зоровий аналізатор людина отримує більше 80 % усієї інформації. До просторових характеристик зору відносять гостроту та поле зору, об'єм зорового сприйняття.

Г о с т р о т а з о р у — це здатність до роздільного розрізнення двох максимально наближених точок. Лінії, проведені через ці точки до місця їх перетинання у світлозаломлюючих середовищах ока, утворюють кут, нижня межа значення якого дорівнює одній кутовій хвилині. Однак для кращого сприйняття цей кут має бути збільшений у 35 — 40 разів, тобто предмет має розташовуватися у стільки ж разів ближче тієї відстані, на якій відбулося його початкове розрізнення.

П о л е з о р у характеризується здатністю людини бачити предмети, розміщені по периметру прямо перед ним за нерухомої фіксації погляду. У полі зору виділяють зону центрального зору (4 — 7°), в якій предмети сприймаються найбільш чітко, зону ясного бачення (до 40 — 70°), у якій імовірно розпізнавання предметів з перерахуванням їх основних ознак (колір, форма, розмір тощо), та зону периферичного зору (до 150 — 170°), в якій предмет уже не розпізнається, але виявляється.

Об'єм зорового сприйняття виявляється кількістю предметів, що сприймаються людиною упродовж одної зорової фіксації.

До ергономічних характеристик зору відносять його енергетичні властивості, що забезпечують розрізнення предметів залежно від їх яскравості, контрастності та кольору.

Чутливість ока до довжини світлових хвиль визначає *кольоросприймання*. Діапазон виявлення людиною кольорових сигналів коливається в межах 380 — 780 нм. Диференційний поріг чутливості, який визначається як мінімальна різниця між подразниками, що викликає ледь помітну зміну відчуттів, для окремих кольорів (жовтий, голубий) може досягати 1 — 2 нм.

Якість кольоросприймання значною мірою залежить від положення індикатора в полі зору, оскільки для кожного кольору характерна своя зона оптимального розпізнавання. Для червоного та зеленого кольорів ця зона коливається в межах 45° по вертикалі та 60° по горизонталі, для синього кольору — відповідно 80 та 100°, для жовтого — 95 та 120°.

На відстань видимості об'єктів впливають кольори фону та об'єкта. За ступенем зменшення дальності видимості на фонах природних умов (голубе небо, сіра земля, зелений ліс, жовтий пісок, білий сніг) кольори можна розмістити у такий ряд: червоний, оранжевий, жовтий, зелений, білий. Велику дальність видимості має флуоресціююча емаль АС-554 оранжево-червоного кольору (у 1,5 рази більше, ніж червоного). Це необхідно враховувати під час вибору фарби для локомотивів, спецодягу тощо. Найкраще за все сприймаються предмети, якщо для

фону та об'єкта розрізнення використовується фарбування у несумісні кольори. У порядку ослаблення розпізнавання контрастні пари кольорів розміщують так: синій-білий, зелений-білий, червоний-жовтий, червоний-білий, оранжевий-чорний, червоний-зелений.

Кольори фону та об'єкта взаємодіють один з одним, що призводить до перекручення розмірів та кольору об'єкта. Найточніше розміри і колір об'єкта сприймаються за співвідношення площ об'єкта і фону 1:2. Ця обставина враховується під час розробки шляхових знаків та пристроїв залізничної сигналізації. Насичені кольори привертають увагу і можуть використовуватися для покращення загального вигляду робочого приміщення, для розпізнавання різних деталей на пульті керування, проводів, труб тощо.

Гострота зору та кольоросприймання залежать від часу дії сигналу, що важливо враховувати під час організації діяльності оператора.

Досить тісно пов'язане з часовими характеристиками зорового аналізатора і сприймання об'єкта, що рухається. Для безпечної роботи людини з такими об'єктами велике значення має вміння правильно оцінювати швидкості руху цих об'єктів. На залізничному транспорті особливо важливо правильно визначати швидкість руху рухомого складу під час маневрової роботи на станціях. При цьому багато технологічних норм ґрунтується на регламентованих гранично допустимих швидкостях, за яких дозволяється робити маневри.

За допомогою слухового аналізатора людина сприймає близько 10—15 % усієї інформації. Діапазон частот звуків, які чує людина, коливається у межах 16—20 тис. Гц. Поєднання рівня звукового тиску і частоти визначає гучність звуку. Для оптимального розпізнавання рівень звукового сигналу повинен на 10—12 дБ перевищувати фоновий шум. Інтенсивний шум утруднює звукові сигнальні зв'язки між робітниками, що підвищує небезпечність виникнення травм.

Шкірний аналізатор для сприйняття сигналів використовується рідше і тільки досвідченими спеціалістами для контролю за роботою всіх видів транспортних засобів, механізмів та станків.

Ергономіка розглядає виробниче середовище як інтегральне ціле і вивчає його вплив на функціональний стан, працездатність і здоров'я людини, від яких багато в чому залежить ефективність діяльності системи в цілому. Середовище має складну, багаторівневу будову, у якій можна виділити санітарно-гігієнічний, естетичний та соціально-психологічний рівні. Під час проектування та експлуатації систем “людина-машина-виробниче середовище” орієнтуються на оптимальні для життєдіяльності і працездатності людини параметри елементів, з яких складаються умови праці.

Обов'язковим при цьому є дотримання вимог стандартів безпеки праці, санітарних норм та правил. Для перевірки їх виконання в ергономіці вводиться поняття “гранично допустимі норми діяльності людини”. Під цими нормами розуміють ті значення параметрів, що характеризують фактори зовнішнього середовища, перевищення яких може викликати небажані відхилення у стані людини і буде несприятливо впливати на його організм. У разі неможливості забезпечення граничних значень будь-якого фактора зовнішнього середовища має бути розроблена система профілактичних заходів для нейтралізації їх шкідливої дії.

Крім гранично допустимих норм зовнішнього середовища, у якому доводиться працювати людині, встановлено норми фізіологічних функцій працюючої людини та інформаційного навантаження.

В ергономіці та фізіології праці розроблено ряд заходів визначення допустимих відхилень фізіологічних функцій працюючої людини від їх номінальних значень. Допустимими фізіологічними показниками вважаються, якщо вони відхиляються не

більш ніж на $\pm 10\%$ від свого вихідного рівня; мають незначиму (у статистичному розумінні) зміну в процесі роботи порівняно з вихідним рівнем.

Специфічним завданням ергономіки є розробка показників і визначення гранично допустимих норм інформаційного навантаження для робітників. Основним показником інформаційного навантаження є коефіцієнт завантаженості людини $k_{зав} = (1 - \tau_{роб}/T)$, де $\tau_{роб}$ – загальний час, упродовж якого людина зайнята обробкою інформації; T – загальний час роботи людини.

Організаційні фактори ефективності трудової діяльності, до яких відносять режими праці та відпочинку працюючих, виділено у особливу групу. Працездатність людини значною мірою залежить від його фізіологічного стану. Всі органи та системи людини не можуть забезпечити рівномірний рівень працездатності, для неї характерні періодичні коливання. Періоди їх коливань іноді складають 24 год і більше. На біологічний ритм впливають зміна денного і нічного освітлення та інші фізико-хімічні фактори зовнішнього середовища, а на коливання працездатності, крім цього, впливають явища соціального та психологічного характеру.

Колівання працездатності впродовж робочого дня також характеризуються піднесенням та спадом. Спад настає під час усякої діяльності, тому важливо вміти контролювати його і за допомогою ергономічних засобів добиватися повного відновлення працездатності. Одним із таких заходів є перерви у роботі. Вони потрібні для відновлення працездатності, досягнення рівномірної високої продуктивності праці.



1.16. БЕЗПЕКА ЛЮДИНИ В СИСТЕМІ «ЛЮДИНА – ЖИТТЄВЕ СЕРЕДОВИЩЕ»

1.16.1. Загальні положення

Під системою розуміють таку сукупність елементів, взаємодія між якими адекватна меті, що стоїть перед системою. Бінарна система «людина-середовище» багатоцільова. Основне завдання, що стоїть перед даною системою, — безпека, тобто ненанесення шкоди здоров'ю людини. Природно, що кожна система має і деяку чисто технологічну мету, пов'язану із досягненням визначеного наперед заданого результату. Перед людьми, що створюють системи стоїть складне завдання узгодження мети різних напрямів та усунення протиріч між цими напрямками.

У рамках даного викладення розглядаються умови забезпечення тільки однієї мети — безпеки. Досягнення безпеки системи «людина-середовище» у тому випадку, якщо будуть системно ураховані особливості кожного елементу, що входить у систему.

Під середовищем системи, що взаємодіє із людиною, розуміють всю сукупність об'єктів та явищ, що справляють вплив на організм людини. До компонентів середовища відносяться: природно-кліматичні явища, флора, фауна, штучні об'єкти (будівлі, споруди, обладнання, сировина, продукція, що виробляється тощо), енергія, технологія, інформація, люди та багато іншого. Взаємовідношення середовища та організму дуже різноманітні. Ось думка видатного російського фізіолога І.М. Сеченова: «Організм без зовнішнього середовища, що підтримує його існування неможливий; тому у наукове визначення організму має входити і середовище, що впливає на нього». Розвиваючи ідеї І.М. Сеченова, І.П. Павлов наголошував, що «для діяльного стану вищого відділу великих півкуль необхідна певна мінімальна сума подразнень, що йдуть у головний мозок».

Оскільки у звичайних умовах людина досить рідко стикається із припиненням впливу подразників на рецептори, вона не усвідомлює цих впливів і не усвідомлює наскільки важливою умовою для нормального функціонування його мозку є «завантаженість» аналізаторів.

Ось як описує вплив сурдоефекту (тиші) космонавт Г.Т. Береговий «И тут на меня обрушилась тишина ... Я услышал как бьется мое сердце. И все. Больше ничего не было. Абсолютно ничего ... Постепенно я стал ощущать какое-то беспокойство. Словами его было трудно определить; оно вызревало где-то внутри сознания и с каждой минутой росло... Подавить его, отделаться от него не удавалось». Емоційна напруга у перші дві доби в умовах ізоляції та сенсорної деривації (деривація — відсутність подразників) об'єктивно була виражена у показниках електроенцефалограми, шкіряного гальванічного рефлексу, частоти пульсу, дихання, а також у порушенні сприйняття часу. Очевидно, правильно буде стверджувати, що «людина-середовище» — це єдине поняття. Ї тільки з метою аналізу елементи «людина» та «середовище» розглядаються відокремлено.

Навколишнє середовище, впливаючи на організм людини, здатне викликати у неї певні, у тому числі, і негативні зміни. Однак природа потурбувалася про людину, давши їй особливий механізм захисту, який називається *гомеостазом*.

Гомеостаз — відносна динамічна сталість складу і властивостей внутрішнього середовища та стійкість основних фізіологічних функцій організму людини. Це результат складних координаційних і регуляторних взаємовідношень, що здійснюються як у цілісному організмі, так і на рівні органів, клітин та молекул.

Завдяки пристосувальним механізмам фізичні та хімічні параметри, що визначають життєву діяльність організму, змінюються у порівняно вузьких межах, незважаючи на значні зміни зовнішніх умов.

Завдяки гомеостазу у людини підтримується сталість складу крові, температури тіла, кров'яного тиску та багатьох інших функцій. Але незважаючи на наявність такого захисного механізму як гомеостаз, потужний потік подразників може справити несприятливу дію на організм людини, викликати захворювання і травми.

Щоб виключити негативні наслідки взаємодії зовнішнього середовища та організму, необхідно забезпечити певні умови функціонування системи «людина-середовище». Характеристики людини відносно постійні. Елементи зовнішнього середовища піддаються регулюванню у більш широких межах. Отже, вирішуючи питання безпеки системи «людина-середовище», необхідно урахувати передусім особливості людини.

Людина у системах безпеки виконує трояку роль: є об'єктом захисту; виступає засобом забезпечення захисту; сама може бути джерелом небезпек.

Остання особливість, зокрема, обумовлена помилками, які властиві людям, а також виділеннями продуктів життєдіяльності людиною. Так, наприклад, людина, що перебуває у герметичному відсіку, за добу виділяє з легень, шлунково-кишкового тракту, через шкіру, волосся продукти метаболізму у наступних кількостях (мг):

аміаку та аміносполук	297,6 + 155,6
оксиду карбону	278,0 + 160,8
альдегідів	0,59 + 0,28
кетонів	232,2 + 132,8
меркаптанів та сірководню	4,95 + 1,1
жирних кислот	89,45 + 11,5

У замкнутих об'ємах ці речовини становлять безумовну небезпеку.

У забезпеченні безпеки тих або інших систем беруть участь багато груп спеціалістів: наукові робітники, конструктори, проектувальники, експлуатаційні групи та ін. Формуючи безпеку, ці групи у той же час можуть породжувати небезпеки своїми можливими помилками, що допускаються під час прийняття рішень. За оцінками спеціалістів до 60 % нещасних випадків відбуваються через причини, пов'язані з людиною. Таким чином, ланки системи «людина-середовище» органічно взаємопов'язані.

Організм людини є цілісним утворенням органів, взаємопов'язаних між собою та навколишнім середовищем. Вони утворюють природну систему захисту людини від небезпек. Ця система захисту протидіє, наприклад, проникненню у організм численних мікробів. Загальновідомо, що сльози, слина та слизові виділення носа мають здатність швидко вбивати (розчиняти) багато видів мікробів. Фагоцити (клітини крові для поглинання) здатні захоплювати та знищувати сторонні тіла, у тому числі також мікроорганізми, що попали у кров.

У процесі еволюційного розвитку людини у неї виробилася здатність зберігати постійну температуру тіла незалежно від температури навколишнього середовища. Людському організму притаманний рефлексорний захист від проникнення у нього шкідливих речовин через органи дихання. Суттєву роль відіграє природний захист органів зору від механічних та інших пошкоджень.

Людина здійснює безпосередній зв'язок із навколишнім середовищем за допомогою своїх аналізаторів, які називають іноді “приладами чуття”. Характеристики аналізаторів людини необхідно враховувати під час створення безпечних систем.

1.16.2. Характеристика аналізаторів людини

Будь-який аналізатор людини складається із рецептора, провідних нервових шляхів та мозкового закінчення. Рецептор перетворює енергію подразника у нервовий процес. Провідні шляхи передають нервові імпульси у кору головного мозку. Мозковий кінець аналізатора складається з ядра та розсіяних по корі головного мозку елементів. Розсіяні елементи забезпечують нервові зв'язки між різними аналізаторами. Між рецепторами та мозковим кінцем існує двосторонній зв'язок, який забезпечує саморегуляцію аналізатора. Особливістю аналізаторів людини є їх парність, що забезпечує високу надійність їх роботи за рахунок часткового дублювання сигналів та динамічної неоднозначної функціональної асиметрії.

Основною характеристикою аналізатора є чутливість. Не будь-який подразник, що впливає на аналізатор, викликає відчуття. Щоб воно виникало, інтенсивність подразника повинна досягти певної величини. Із збільшенням інтенсивності подразника настає момент, коли аналізатор перестає працювати адекватно. Будь-який вплив, що перевищує за інтенсивністю певну межу, викликає біль та порушує діяльність аналізатора. Мінімальну величину прийнято називати нижнім абсолютним порогом чутливості, а максимальну — верхнім. Абсолютні пороги чутливості вимірюють у абсолютних величинах подразника. У тому випадку, коли перешкодою є зовнішні подразники, говорять про диференціальний поріг.

Мінімальна різниця між інтенсивностями двох подразників, яка викликає ледве помітну різницю почуттів, називається *диференціальним порогом*, або *порогом розрізнення*. Психофізичними дослідженнями встановлено, що величина почуттів вимірюється повільніше, ніж сила подразника. Основний психофізичний закон Вебера — Фехнера, що має наближене значення, виражається формулою:

$$E = K \lg L + C,$$

де E — величина почуттів; L — інтенсивність подразника; K, C — константи.

Величини порогів не є стабільними. Вони залежать від багатьох факторів, часто таких, які важко враховувати. Тому поріг розглядається як статистичне поняття — область на кривій психометричної функції. Час, що проходить від початку дії подразника до появи почуттів, називають *латентним періодом*.

Зоровий аналізатор. У різноманітній трудовій діяльності людини, у виконанні нею складних виробничих процесів і точних робіт зір відіграє першорядне значення. Зоровий аналізатор дає змогу отримати уявлення про предмет, його колір, форму, величину, про те, чи перебуває предмет у русі або спокої, про відстань його від нас, про потенційну небезпеку, яку він несе.

Зорове сприйняття починається із фотохімічного процесу. Під впливом світла речовини, що містяться між зовнішнім шаром сітківки та судинною оболонкою, розкладаються, збуджуючи закінчення нервових елементів ока. При цьому у відповідній зоні головного мозку виникає зоровий образ. Кора мозку синтезує деталі зорового акту і визначає наше відношення до зорового образу.

Незважаючи на те, що зорова інформація сприймається більше ніж 140 млн одночасно працюючих паличок та колбочок і що у корі головного мозку ця інформація обробляється 15 млн нейронів, все ж природа відкрила перед людиною тільки невелике вікно, через яке вона дивиться на світ: око людини реагує на випромінювання із довжиною хвиль усього від 0,4 до 0,76 млн мікрона. Останній спектр хвиль для незброєного ока залишається невидимим.

Око безпосередньо реагує на яскравість, яка являє собою відношення сили світла (інтенсивності), що випромінюється даною поверхнею, до площі цієї поверхні. Яскравість вимірюється у нітах (нт). При дуже великих яскравостях (більше 30000 нт) виникає ефект засліплення. Гігієнічно прийнятна яскравість до 5000 нт.

Під контрастом приймають ступінь різниці сприймання між двома яскравостями, що розділені у просторі та часі. Контрастна чуттєвість дає змогу відповісти на питання, наскільки об'єкт повинен відрізнитися за яскравістю від фону, щоб його було видно.

Під час оцінювання сприйняття просторових характеристик основним поняттям є гострота зору, яка характеризується мінімальним кутом, під яким дві точки видно як роздільні. Гострота зору залежить від освітленості, контрастності, форми об'єкту та інших факторів. Із збільшенням освітленості, гострота зору зростає. При зменшенні контрастності гострота зору зменшується. Гострота зору залежить також від місця проєкції зображення на сітківці ока. Оптичний аналізатор містить два типи рецепторів: колбочки та палички. Перші є апаратами хроматичного зору, другі — ахроматичного. При рівності енергії діючих хвиль різниця їх довжини відчувається як різниця у світлі джерел світла або поверхонь предметів, які його відбивають. Око розрізняє сім основних кольорів та більше сотні їх відтінків. Світлові відчуття викликаються дією світлових хвиль, що мають довжину від 380 до 780 нм.

Зоровий аналізатор володіє певною спектральною чутливістю, яка характеризується відносною видимістю монохроматичного випромінювання. Найбільша денна видимість відповідає жовтому кольору, а вночі або коли смеркає — зелено-блакитному. Гама переходів від білого кольору до чорного утворює ахроматичний ряд.

Відчуття, викликане світловим сигналом протягом певного часу зберігається, незважаючи на зникнення сигналу або зміну його характеристик. Інерція зору за даними різних дослідників знаходиться у межах 0,1-0,2 с. Відчуття, що виникають після зняття подразника, називають *послідовними образами*. При короткому

яскравому сигналі образ виступає з темряви кілька раз у швидкій послідовності. За невеликих яскравостей через 0,5-1,5 с з'являється негативний послідовний образ (тобто світлі поверхні здаються темними та навпаки). При кольоровому сигналі образ забарвлений у додатковий колір. Під час різкої дії переривистого подразника виникає відчуття миготінь, які за певної частоти зливаються у рівне немиготливе світло. Частота, за якої миготіння пропадають, називається *критичною частотою зливання миготінь* (КЧЗМ). У тому випадку, коли миготіння світла використовуються у якості сигналу, виникає питання про вибір оптимальної частоти. Оптимальною є частота у межах 3-10 Гц. Інерція зору обумовлює стробоскопічний ефект. Якщо час, що розділяє дискретні акти спостереження, менше часу гасіння зорового образу, то спостереження суб'єктивно відчувається як безперервне. За стробоскопічного ефекту можлива ілюзія руху при безперервному спостереженні окремих об'єктів або ілюзія нерухомості (уповільнення руху), що виникає, коли об'єкт, що рухається періодично займає попереднє положення. За сприйняття об'єктів у двовимірному й тривимірному просторі розрізняють поле зору та глибинний зір. Бінокулярне поле зору охоплює у горизонтальному напрямку 120-160°, по вертикалі вгору — 55-60° та вниз — 65 — 72°. Під час сприйняття кольору розміри поля зору звужуються. Зона оптимальної видимості обмежена полем: вгору — 25°, вниз — 35°, вправо та вліво по 32°. Глибинний зір пов'язаний із сприйняттям простору. Помилка оцінки абсолютної віддаленості на відстані до 30м у середньому 12 % загальної відстані.

Природним захистом для очей є повіки та слізні рідини. Рефлекторно закриваючись, повіки захищають сітківку від дії сильного світла, а рогівку від механічних ушкоджень. Крім того, при морганні зовнішня поверхня ока змочується слізною рідиною. Це запобігає його висиханню та забезпечує змивання із поверхні ока та повік сторонніх тіл. Слизова рідина володіє також здатністю убивати мікроби. Потрібно відзначити, що передня частина рогівки покрита сімома рядами покривного епітелію, що володіють доброю здатністю швидко відновлюватися після ушкодження, наприклад після невеликих подряпин.

Однак у виробничих умовах далеко не завжди можна поклатися тільки на природний захист очей. Навіть легкі, але часті ушкодження рогівки запиленним повітрям, подразнюючими хімічними речовинами, найменшими частинками оброблюваного матеріалу, можуть призвести до втрати чутливості рогівки, до її помутніння або утворення більма. Тому всюди, де є така небезпека, необхідно посилювати природний захист штучними інженерно-технічними засобами.

Індивідуальні психічні та фізіологічні особливості людей, їх загальний та спеціальний розвиток, а також ступінь тренування мозку впливають на те, як дана людина сприймає побачене, у тому числі й небезпечні елементи об'єкту, небезпечну ситуацію та візуальні сигнали, що попереджають про небезпеку.

Проводячи заходи щодо організації безпечної праці, потрібно враховувати основні, у тому числі й індивідуальні, особливості зорового сприйняття. Це відхилення від нормального сприйняття кольору (так звана кольорова сліпота або дальтонізм); «куряча сліпота», світлова адаптація; зорова ілюзія (обман зору), що являє собою неправильну оцінку оком відстані між предметами, їх розмірів, також обман зору у відношенні частин машин, що швидко обертаються і при певних умовах здаються нерухомими (так званий стробоскопічний ефект).

Кольорова сліпота — певний вид розладу зору, у результаті якого настає часткова або повна утрата сприйняття кольору. Людина з таким зором сприймає предмети усіх кольорів як сірі. Окремим випадком подібного розладу зору є дальтонізм. Дальтонік звичайно не розрізняє червоний та зелений кольори, а іноді

жовтий та фіолетовий. Ці кольори та їх відтінки сприймаються ним як сірий колір різних відтінків.

За даними фізіологів, дальтонізмом страждає близько 5% чоловіків та близько 0,5% жінок. Дуже важлива та обставина, що люди, які страждають на дальтонізм не завжди знають про це. Наявність такого розладу сприйняття кольорів виявляється іноді у зв'язку з аварією або нещасним випадком, особливо на залізничному та автомобільному транспорті. Тому випробування на кольоровий зір людей цілого ряду професій, пов'язаних із кольоровою сигналізацією, наприклад, машиністів, шоферів, робітників повітряного та водного транспорту, є необхідним.

«К у р я ч а с л і п о т а» — захворювання, що є засобом порушення нормальної діяльності шару паличок у сітківці, які слугують для забезпечення присмеркового та нічного зору. Це порушення призводить до того, що людина увечері (коли смеркає) починає гірше бачити, а із настанням темноти абсолютно втрачає зір, хоча вдень і при яскравому освітленні вона добре бачить і відхилень від норми не виявляє.

А д а п т а ц і я з о р у — пристосування очей до бачення при різному ступені освітленості. Відомо, що під час переходу із темного приміщення у яскраво освітлене людина спочатку нічого не бачить, вона засліплена і рефлекторно закриває очі. Потім поступово чутливість ока зменшується і через 8 – 10 хв. відновлюється нормальний зір, тобто настає світлова адаптація. Якщо ж із яскраво освітленого приміщення або із залитої сонцем вулиці зайти у темне приміщення, то спочатку людина теж нічого не бачить, чутливість ока поступово підвищується, і вона починає розрізняти контури предметів, а потім і деталі – настає адаптація у темряві. Слід зазначити, що чутливість ока у цьому випадку може підвищитися у 200 тис. разів, але це відбувається протягом значного часу — 60-80 хв.

Очевидно, що виконання будь-яких дій у період адаптації пов'язане із певними небезпеками, що залежать від характеру цих робіт та специфічних особливостей виробництва. Потрібно, наприклад, відзначити, що серед дорожньо-транспортних пригод 1,2% складають ті, що відбуваються внаслідок засліплення світлом фар. Таким чином, засліплення світлом фар можна вважати важливою проблемою безпеки.

Слуховий аналізатор. Вухо є складним органом, який за своєю будовою поділяється на три частини: зовнішнє, середнє та внутрішнє вухо. Цей орган виконує дві функції, тісно пов'язані із його будовою: сприйняття звуків та отримання слухового відчуття, а також збереження рівноваги тіла. Орган сприйняття звуку та орган рівноваги розташовані у внутрішньому вусі. Зовнішнє вухо, що складається із вушної раковини та зовнішнього слухового проходу, сприяє уловлюванню звуків та визначенню їх напрямку.

Для захисту від проникнення пилу та інших сторонніх предметів у глибокі відділи вуха поверхня стінок зовнішнього слухового проходу покрита тонкими волосками, а спеціальні залози, розташовані у товщі стінок цього проходу, виділяють в'язку речовину — вушну сірку.

На межі між зовнішнім та внутрішнім вухом розташована тонка (0,1 мм), еластична та дуже міцна барабанна перетинка, яка сприймає коливання повітряних звукових хвиль. Барабанна перетинка є зовнішньою стінкою порожнини середнього вуха, яка за допомогою спеціального каналу (євстахієвої труби) сполучена із носоглоткою. Такий пристрій дає змогу урівноважувати тиск по обидва боки барабанної перетинки, що забезпечує її нормальне коливання (нормальну чутність) і одночасно — захист від руйнування.

О р г а н с л у х у — орган, розташований у завитку середнього вуха, є тим самим утворенням, яке сприймає звук у результаті дії повітряних хвиль на

барабанну перетинку і збуджує закінчення слухового нерва. Збудження передається у відповідний відділ головного мозку, аналізується і викликає у людини відчуття звуку. Людське вухо сприймає тільки звуки певної частоти коливань у секунду – від 20 до 20 тис., при цьому чим старша людина, тим меншу частоту коливань сприймає її вухо. Наприклад, за даними фізіологів, максимальна частота коливань, яку може сприймати вухо людини у віці п'ятдесяти років складає близько 13 тис. за секунду.

Однією з важливих особливостей слухового відчуття людини, що має пряме відношення до безпеки, є здатність розпізнавати місцезнаходження джерела звуку без повертання голови. Таке явище пов'язане з тим, що звук досягає кожного з вух не одночасно. Це явище називається *двовухим* (бінауральним) *ефектом*. Якщо джерело звуку знаходиться збоку, то у вухо із протилежного боку звукові хвилі надходять із запізненням на 0,0006 с, однак практично обидва вуха сприймають їх як один звук. У тренованій людині із нормальним функціонуванням обох вух помилка у визначенні напрямку джерела звуку звичайно не перевищує 3°. Необхідно відзначити, що глуха на одне вухо людина швидко визначити напрямок звуку, у тому числі і звукового попереджувального сигналу про небезпеку, не може.

Сприйняття положення, руху тіла та збереження рівноваги здійснюється головним чином, за допомогою вестибулярного апарату. Він складається із двох частин: переддвер'я, заповненого ендолімфою, та напівкружних каналів, розташованих у трьох взаємно перпендикулярних площинах. Будь-яка зміна рівноваги тіла викликає подразнення рецепторів вестибулярного апарату і як наслідок – рефлекторне скорочення або розслаблення відповідних м'язових груп, що сприяють відновленню рівноваги, тобто встановлення голови та всього тіла у певному положенні.

Під час ураження вестибулярного апарату спостерігаються дуже серйозні розлади організму людини: вона не може стояти, у неї з'являється нудота, запаморочення. Люди із порушеннями вестибулярного апарату втрачають можливість орієнтуватися. Наприклад, при нирянні вони не можуть визначити положення тіла і у зв'язку з цим нерідко гинуть. Очевидно, що серйозні порушення вестибулярного апарату правлять за ознаки для протипоказань для цілого ряду професій, наприклад, таких, що пов'язані із роботою на морі та річках.

У звичайних умовах ураження вестибулярного апарату компенсується, хоча й не повністю іншими органами чуття: зором, рецепторами тиску, закладеними у шкірі, та проприорецепторами м'язів, сухожилів, суглобів.

Звукові сигнали надають людині значну частину інформації. Вони можуть слугувати для передачі сигналів небезпеки. У свою чергу, акустична обстановка певною мірою визначає умови безпеки. Основними параметрами звукових хвиль є рівень інтенсивності та частота, яка суб'єктивно у слухових відчуттях сприймаються як гучність та висота. За частотою область слухових відчуттів становить від 16-20 до 20000-22000 Гц.

Величина порогу чутності залежить від частоти відчутних звуків. Верхньою границею є поріг больового відчуття, який у меншому ступені залежить від частоти і лежить у межах 130-140 дБ. Співвідношення рівня інтенсивності та частоти визначає відчуття гучності звуку. Експериментально встановлено, що людина оцінює як рівні за гучністю звуки, що мають різну частоту та інтенсивність. Спостерігається неначе взаємна компенсація інтенсивності частот. Ця закономірність добре ілюструється кривими рівної гучності.

Абсолютний диференціальний поріг дорівнює приблизно 2-3 Гц. Відносний диференційний поріг є майже сталим і дорівнює 0,002. У реальних умовах людина

сприймає звукові сигнали на певному акустичному фоні. При цьому фон може маскувати корисний сигнал. Ефект маскування у діяльності має двояке значення.

Під час розробки і конструюванні акустичних індикаторів необхідно передбачити заходи боротьби з цим ефектом. У деяких випадках ефект маскування може бути використаний для покращання акустичних умов. Так, відомо, що є тенденція маскування високочастотного тону тоном низької частоти, який менш шкідливий для людини.

Шкірний аналізатор. Шкіра людини — дуже складний орган, що виконує багато життєво важливих функцій. Вона складається із трьох шарів: зовнішнього — епідермісу, власне шкіри-дерми та підшкірної клітковини.

Шкіра запобігає проникненню у кров різних хімічних речовин і тим самим у багатьох випадках попереджає отруєння організму; завдяки наявності рогового шару (епідермісу) та кислого середовища на поверхні шкіри вона є бар'єром на шляху мікробів.

У певних межах шкіра захищає організм від механічних і теплових впливів. Шкіра — поганий провідник тепла, тому вона запобігає перегріванню організму та його переохолодженню, допомагає зберігати постійну температуру тіла. Це досягається складною системою теплорегуляції, що забезпечує рівність між кількістю тепла, що утворюється в організмі внаслідок хімічних процесів, і тепла, яке втрачається організмом. Терморегуляція, що керується центральною нервовою системою, забезпечує життєздатність та життєдіяльність людини.

Шкіра дихає. Організм отримує через неї 1/180 частину кисню, який він поглинає, і виділяє 1/90 частину вуглекислоти.

Як показали численні дослідження, суха шкіра людини чинить більш високий опір електричному струму, порівнюючи із опором його внутрішніх органів. Залежно від індивідуальних особливостей людини, електричних параметрів та умов прикладання електричного контакту опір сухої шкіри коливається у широких межах, приблизно від 30 тис. до 100 тис. Ом.

Практично опір шкіри, а точніше рогового шару епідерми, є головною складовою частиною електричного опору організму людини. Таким чином, суха непошкоджена шкіра, що є неначе ізолюючою оболонкою людини, виконує у певних межах і функцію захисту її від ураження електричним струмом.

Однак необхідно мати на увазі, що опір шкірного покриву людини залежить від багатьох факторів стану шкіри (суха або волога, пошкоджена чи ні тощо); величини поверхні електричного контакту та місця його прикладання; роду й тривалості дії струму; величини прикладеної напруги. Цей опір зменшується із збільшенням поверхні контакту із струмоведучими частинами, із збільшенням сили струму й тривалості його дії.

Для розрахунку умов електробезпеки звичайно приймають опір людини, що дорівнює 1000 Ом, а безпечною напругою вважають 12 та 36 В для сухих приміщень. Однак при сучасних промислових напругах електричного струму (220 В і вище) природний захист у вигляді опору шкіри людини не може забезпечити електробезпеки.

Шкірна чутливість як засіб захисту має дуже велике значення, вона звичайно поділяється на три види: відчуття болю; тепла та холоду; дотику й тиску (тактильна чутливість). Біль часто є єдиним сигналом, що попереджує про зовнішню небезпеку або неблагополуччя у стані якого-небудь органу людини.

Звичайно випадкове доторкання до гострих, гарячих або холодних предметів, здатних зруйнувати шкірний покрив, супроводжується невимушеним рефлекторним порухом — «від небезпеки». Завдяки такому захисту, що є запобіжною реакцією на

подразнення зовні, людина у багатьох випадках своєчасно оцінює небезпеку опіку, поранення тощо, яка їй загрожує, і приймає відповідні заходи безпеки.

Слід мати на увазі, що захисна роль болю звичайно закінчується після того, як він відмічений свідомістю. Далі, наприклад, за тяжкої множинної травми біль тільки ускладнює діяльність організму по самовідновленню пошкодження, а у деяких випадках є небезпечною у відношенні так званого «больового шоку». Тому дослідження та широке впровадження в практику лікування тяжких травм відповідних знеболювальних засобів — важливе завдання в області відновлення працездатності потерпілих.

Больова чутливість. Уже говорилося про те, що в будь-якому аналізаторі виникають больові відчуття, якщо величина подразника перевищує верхній абсолютний поріг. На цій основі заперечувалося існування спеціальних рецепторів больової чутливості. Потім були виявлені вільні нервові закінчення у шарі шкіри, що містить епітелій, які і є спеціалізованими больовими рецепторами. Між тактильними та больовими рецепторами існують протиріччя у розташуванні.

Виявляються вони у тому, що найменша щільність больових рецепторів припадає на ті ділянки шкіри, які найбагатіші тактильними рецепторами, та навпаки. Протиріччя обумовлене різницею функцій рецепторів у житті організму. Больові відчуття викликають оборонні рефлекси, зокрема, рефлекс усунення від подразника. Тактильна чутливість інтимно пов'язана із орієнтовними рефlekсами, зокрема, це викликає рефлекс наближення до подразника.

Біологічне значення болю у тому, що він, будучи сигналом небезпеки, мобілізує організм на боротьбу за самозбереження. Під впливом больового сигналу перебудовується робота усіх систем організму і підвищується його реактивність.

Поріг больової чутливості шкіри живота 20 г/мм^2 , кінчиків пальців — 300 г/мм^2 . Латентний період близько 370 мс. Критична частота злиття дискретних больових подразників 3 Гц. В області болю основний психофізичний закон не діє. Тут спостерігається майже пряма залежність між відчуттям та подразненням у діапазоні до порога чутливості.

Температурна чутливість. Температурна чутливість притаманна організмам, що мають постійну температуру тіла, яка забезпечується терморегуляцією. Температура шкіри трохи нижча температури тіла і різна на окремих ділянках (на лобі, наприклад, $34\text{-}35 \text{ }^\circ\text{C}$; на стопах ніг $25\text{-}27 \text{ }^\circ\text{C}$). Середня температура вільних від одягу ділянок шкіри дорівнює $30\text{-}32 \text{ }^\circ\text{C}$.

У шкірі людини виявлено два роди рецепторів. Одні реагують тільки на холод, інші — тільки на тепло. Просторові пороги залежать від факторів стимулювання: при контактній дії, наприклад, відчуття виникає вже на площі мм^2 , при променевої дії — починаючи із 700 мм^2 . Латентний період температурного відчуття дорівнює приблизно 250 мс. Абсолютний поріг температурної області чутливості визначається за мінімальною відчутною зміною температури ділянок шкіри відносно фізіологічного нуля, тобто власної температури даної ділянки шкіри. Для теплових рецепторів вона дорівнює приблизно $0,2 \text{ }^\circ\text{C}$, для холодних $0,4 \text{ }^\circ\text{C}$. Поріг чутливості розрізнення близько $1 \text{ }^\circ\text{C}$.

Тактильний аналізатор. Тактильний аналізатор сприймає відчуття, що виникає при дії на шкірну поверхню різних механічних стимулів (доторкання, тиск). Абсолютний поріг тактильної чутливості визначається по тому мінімальному тиску предмета на шкірну поверхню, який створює ледве помітне відчуття дотирку. Найбільш високий розвиток чутливості на дистальних частинах тіла (найвіддаленіших від медіанної площини).

Приблизні пороги відчуття: — для кінчиків пальців руки 3 г/мм^2 , на тильній стороні пальця — 5 г/мм^2 , на тильній стороні кисті — 12 г/мм^2 , на животі — 26

г/мм² і на п'яті — 250 г/мм². Поріг розрізнення у середньому дорівнює 0,07 вихідної величини тиску.

Тактильний аналізатор володіє високою здатністю до просторової локалізації. Часовий поріг тактильної чутливості менший 0,1 с. Характерною особливістю тактильного аналізатора є швидкий розвиток адаптації, тобто втрата відчуття дотирку або тиску. Час адаптації залежить від сили подразника і для різних ділянок тіла вимірюється у межах від 2 до 20 с.

Нюх. Запахи сприймаються людиною за допомогою спеціальних рецепторів (клітин), що знаходяться у слизовій оболонці носових раковин. У людини близько 60 мільйонів нюхових клітин, розташованих у слизовій оболонці середньої частини носових раковин на поверхні всього у 5 квадратних сантиметрів. Однак у зв'язку з тим, що нюхові клітини вкриті дуже великою кількістю війок, площа їх стикання із речовинами, що пахнуть, складає 5—7 квадратних метрів.

Відчуття запаху виникає, коли частинки речовини попадають на слизову оболонку нюхової області і збуджують нюхові клітини. Відростки цих клітин, що утворюють нюховий нерв, передають збудження у центральну нервову систему.

Захист від проникнення в організм пахучих речовин, небезпечних для життя та здоров'я (ефір, хлороформ, нашатирний спирт та ін.), здійснюється рефлекторним уповільненням дихання та його короткочасним зупиненням. Характерно, що багато із нешкідливих для організму запахів рефлекторної зупинки дихання не викликають.

Нюх є дуже тонким відчуттям. За даними фізіологічних досліджень, людина відчуває запах деяких речовин (сірководень, мускус та ін.), що знаходяться у повітрі, навіть тоді, коли хімічний та спектральний аналіз їх не виявляє.

Особливості нюхового аналізатора, включаючи його високу чутливість до деяких пахучих речовин, що знаходяться в повітрі, можуть бути сигналом, що попереджує про небезпеку проникнення різних речовин у виробничі приміщення, наприклад у зв'язку із неочікуваним порушенням герметичності обладнання, різних газопроводів тощо. З цією метою газ без запаху, але такий, що володіє потенційною небезпекою отруєння або вибуху, піддають обробці речовинами, що мають особливий запах. У даному випадку сприйняття запаху сигналізує про небезпеку й необхідність застосування відповідних заходів безпеки.

Практичні особливості нюхового аналізатора використовуються, наприклад, для попередження про небезпеку отруєння й вибуху природного газу, що застосовується у якості палива на виробництві та у побуті. У перспективі така обробка може застосовуватися і для насичення повітря виробничих приміщень пахощами, наприклад, лісу, полів тощо. Це допоможе створити на виробництві «емоційний клімат», що сприятиме високій продуктивності праці.

Абсолютний поріг нюху в людини вимірюється часиками міліграма речовини на літр повітря. Але диференціальний поріг високий, у середньому 38 %. Загальновизнаної класифікації нюхових відчуттів нині не існує.

Смак. У фізіології та психології розповсюджена теорія смаку із чотирьох компонентів, згідно якої існує чотири види елементарних смакових відчуттів: солодкого, гіркого, кислого та солоного. Усі інші смакові відчуття являють собою їх комбінації. Абсолютні пороги смакового аналізатора, виражені у величинах концентрацій розчину, приблизно у 10000 разів вищі, ніж нюхового.

Смакові та нюхові відчуття відображають не тільки властивості речовин, а й стан самого організму. Розрізнявальна чутливість смакового аналізатора доволі приблизна, у середньому вона складає 20 %.

Під впливом практичної діяльності та спеціальних знань чутливість смакового й нюхового аналізатора може бути суттєво розвинута.

Вібраційна чутливість. Вібрація високої інтенсивності за тривалого впливу призводить до серйозних змін діяльності усіх систем організму і за певних умов може викликати тяжке захворювання. За невеликої інтенсивності й тривалості впливу вібрація може бути корисна, зменшує втомлюваність, підвищує обмін речовин, збільшує м'язову силу.

Спеціальні аналізатори, що сприймають вібрацію невідомі. Існує кілька гіпотез про природу вібраційної чутливості. Діапазон відчуттів вібрації високий від 1 до 10000 Гц. Найбільш висока чутливість до частоти 200 — 250 Гц. При її збільшенні та зменшенні вібраційна чутливість зменшується. Пороги вібраційної чутливості різні для різних ділянок тіла. Найбільшу чутливість мають дистальні ділянки тіла людини, тобто, ті, що більше всього віддалені від його медіанної площини (наприклад, кисті рук).

Органічна чутливість. Мозок людини отримує інформацію не тільки від навколишнього середовища, а й від самого організму. Чутливі нервові апарати є у всіх внутрішніх органах. У внутрішніх органах під впливом зовнішніх умов виникають певні відчуття, які породжують сигнали. Ці сигнали є необхідною умовою регуляції діяльності внутрішніх органів. Пороги органічної чутливості вивчені недостатньо.

Розглядувані вище аналізатори функціонують у складній взаємодії. Ядром усього механізму взаємодії аналізаторів є рефлекторний шлях: постійні й тимчасові нервові зв'язки між їх мозковими кінцями. У процесі розвитку людини на основі взаємодії аналізаторів формуються функціональні системи, що є механізмом перцептивних (сприймаючих) дій.

Структура цих систем визначається умовами діяльності та життя людини. Якщо людина попадає у незвичні для неї умови, то можливе виникнення конфлікту між функціональними системами, що склалися, та новими вимогами. Щоб запобігти подібним порушенням, необхідно перебудувати функціональні системи, що склалися, або сформулювати нові шляхом відповідних тренувань. Цю обставину потрібно мати на увазі під час створення безпечних систем.

У реальних умовах виробництва на кожний аналізатор людини діє одночасно кілька подразників, які як уже наголошувалося, справляють вплив на всю систему аналізаторів. Отже, потрібно враховувати не тільки можливості аналізатора, а й ті умови, у яких буде працювати людина. Відомо, що сильний шум змінює чутливість зору. Чутливість зорового апарату зменшується при дії певних запахів, температури, вібрації.

Визначаючи оптимальні умови функціонування, необхідно враховувати всю систему подразників, діючих на всі аналізатори людини. Нині ця вимога на практиці не завжди може бути реалізована повністю. Однак потрібно підкреслити важливу методологічну спрямованість цього питання, що зводиться до вимоги комплексно враховувати фактори навколишнього середовища.

У таблиці 1.7. наведено значення простої сенсомоторної реакції людини для типових подразників.

Т а б л и ц я 1.7. Час простої сенсомоторної реакції людини для типових подразників

Аналізатор	Подразнення	Час реакції (середнє значення, с)
Тактильний	Доторкання	0,09 - 0,22
Кинестетичний	Порух руки	0,12 - 0,16
Слуховий	Звук	0,12 - 0,18
Зоровий	Світло	0,15 - 0,22

Аналізатор	Подразнення	Час реакції (середнє значення, с)
Нюховий	Запах	0,31 - 0,39
Температурний	Тепло та холод	0,28 - 1,6
Смаковий	Солоне	0,31
	Солодке	0,45
	Кисле	0,54
	Гірке	1,08
Вестибулярний	Обертання	0,4 - 0,6
Больовий	Укол	0,13 - 0,89

1.16.3. Сумісність елементів системи «людина-життєве середовище»

Щоб система «людина-середовище» функціонувала ефективно і не приносила шкоди здоров'ю людини, необхідно забезпечити сумісність характеристик середовища та людини.

Антропометрична сумісність пропонує врахування розмірів тіла людини, можливості огляду зовнішнього простору, положення (пози) оператора у процесі роботи. Під час вирішення цього завдання визначають простір робочого місця, зони досяжності для кінцівок оператора, відстань від оператора до пульту приладу тощо. Складність забезпечення цієї сумісності полягає в тому, що антропометричні показники у людей різні. Сидіння, що задовольняє людину середнього зросту, може виявитися дуже незручним для людини низького та дуже високого зросту.

З метою безпеки діяльності розміри тіла людини необхідно враховувати, наприклад, у наступних випадках:

- ◆ під час визначення оптимальної висоти від рівня підлоги або робочої площадки зон нагляду за роботою машини, включаючи зону обробки, органи настроювання, прилади контролю та сигналізації;
- ◆ під час розміщення по висоті та фронтальній площині органів ручного керування машиною та особливо аварійних органів «стоп»;
- ◆ під час вибору форми та розмірів органів керування.

Для більш правильного використання антропометричних даних людини під час проектування машин застосовують метод соматографії та метод моделювання.

Соматографія — це робочий метод, що полягає у конструюванні схематичних зображень людського тіла в різних положеннях у взаємозв'язку з тими операціями, які людина повинна виконувати.

Моделювання — це метод, в основі якого лежить використання об'ємних або плоских моделей людської фігури.

Докладно питання антропометрії розглядаються в ергономіці, що вивчає закони оптимізації робочих умов.

Під **біофізичною** сумісністю розуміють створення умов, які забезпечують прийнятну працездатність та нормальний фізіологічний стан людини. Це завдання збігається з вимогами безпеки.

Особливе значення має терморегулювання організму людини, яке залежить від параметрів мікроклімату. Тепловий обмін здійснюється завдяки теплопровідності, конвекції, тепловому випаровуванню і тепловому випромінюванню. У таблицях 1.8, 1.9. приведені дані, які необхідно враховувати під час проектування умов діяльності.

Біофізична сумісність враховує вимоги організму до вібраційних та акустичних характеристик середовища, освітленості та інших фізичних параметрів.

Таблиця 1.8. Симптоми, що реєструються при різній температурі тіла

Ректальна температура, °С	Симптом
42 — 44	Смерть
41 — 42	Тепловий удар, колапс у результаті швидкого підвищення температури
39 — 40	Сильне виділення поту, зменшення кількості крові, порушення кровообігу
37	Норма
35	Затримка церебральних процесів, тремтіння
34	Ретроградна амнезія
32	Реакція ще зберігається, але всі процеси сильно уповільнені
30	Втрата свідомості
27 — 25	Угасання м'язової рефлексії та світлової рефлексії зіниць, зупінка роботи серця, смерть

Таблиця 1.9. Оптимальні відчуття залежно від вологості повітря

Температура, °С	Відносна вологість повітря, %	Стан
21	40	Найбільш приємний стан
	75	Відсутність неприємних почуттів
	85	Добрий спокійний стан
24	91	Втома, пригнічений стан
	20	Відсутність неприємних відчуттів
	65	Неприємні відчуття
30	80	Потреба у спокої
	100	Неможливість виконання важкої роботи
	25	Неприємне відчуття відсутне
	50	Нормальна працездатність
	65	Неможливість виконання важкої роботи
	81	Підвищення температури тіла
	90	Небезпека для здоров'я

Енергетична сумісність передбачає узгодження органів керування машиною з оптимальними можливостями людини у відношенні до прикладених зусиль, потужності, що витрачається, швидкості й точності рухів.

Силові та енергетичні параметри людини мають певні межі. Для приведення в дію сенсомоторних пристроїв (важелів, кнопок, перемикачів тощо) можуть знадобитися дуже великі або дуже малі зусилля. І те й інше погано.

У першому випадку людина буде втомлюватися, що може призвести до небажаних наслідків у керованій системі.

У другому випадку можливе зменшення точності роботи системи, тому, що людина не відчує опору важелів.

Сила скорочення м'язів людини коливається у широких межах. Наприклад, номінальна сила кисті у 450-650Н при відповідному тренуванні може бути доведена до 900Н.

Сила стискання у середньому дорівнює 500 Н для правої та 450 для лівої руки, може збільшуватися у два рази й більше. У таблиці 1.10. приведені значення оптимальних зусиль на органи керування.

Т а б л и ц я 1.10. Значення оптимальнх зусиль на органи керування

Види навантаження та органи керування	Навантаження		
	оптимальне (легке)	допустиме (середньої тяжкості)	несприятливе (важке)
Потужність зовнішньої механічної роботи, Вт чоловіки/ жінки	до 20/до 12	до 45/до 27	45/27
Максимальна вага, що піднімається вручну, Н чоловіки/ жінки	до 50/до 30	до 150/до 90	150/90
Середнє значення прикладених зусиль при частому їх застосуванні, Н (чоловіки)	до 20	до 60	60
Переміщення (переходи) за зміну	до 4	до 10	10

Інформаційна сумісність має особливе значення у забезпеченні безпеки.

У складних системах людина звичайно безпосередньо не керує фізичними процесами. Часто вона віддалена від місця їх виконання на значні відстані. Об'єкти керування можуть бути невидимі, невідчутні на дотик, нечутні.

Людина бачить показання приладів, екранів, мнемосхем, чує сигнали, що свідчать про хід процесу. Усі ці пристрої називають *засобами відображення інформації* (ЗВІ). За необхідністю працюючий користується важелями, ручками, кнопками, вимикачами та іншими органами керування, у сукупності утворюючими сенсомоторне поле. ЗВІ та сенсомоторні пристрої — так звана модель машини (комплексу). Через неї людина і здійснює керування самими складними системами.

Щоб забезпечити інформаційну сумісність, необхідно знати характеристики органів відчуттів людини.

Психологічна сумісність пов'язана із врахуванням психологічних особливостей людини. Нині вже сформувалася особлива галузь знань, що називається *психологією діяльності*. Це один з розділів безпеки життєдіяльності.

Проблеми аварійності й травматизму на сучасних виробництвах неможливо вирішити тільки інженерними методами. Досвід свідчить, що в основі аварійності й травматизму лежать не інженерні та конструкторські дефекти, а організаційні та психологічні причини: низький рівень професійної підготовки з питань безпеки, недостатнє виховання, слабка настанова спеціаліста на дотримання безпеки, допущення до небезпечних видів робіт осіб з підвищеним ризиком травматизації, перебування людей у стані втоми та інших психічних станах, які зменшують надійність(безпечність) діяльності спеціаліста.

Психологія безпеки розглядає психологічні процеси, психологічні властивості та особливо детально аналізує різні форми психічних станів, що спостерігаються у процесі трудової діяльності.

Особливостями психіки обумовлені такі явища, що зустрічаються у деяких людей, як страх замкнутих (клаустрофобія) або відкритих просторів (агрофобія).

Ефективність діяльності (працездатності) людини ґрунтується на рівні психічного напруження (стресу). Ще на початку нашого сторіччя Р. Їєркс та Дж. Додсон вказали на залежність продуктивності (працездатності) дій людини від ступеня емоційної активації. Психічне напруження справляє позитивний вплив на результати праці до певної межі. Перевищення критичного рівня активації веде до зниження результатів праці аж до повної втрати працездатності. Надмірні форми психічного напруження позначаються як позамежні. Нормальне навантаження (емоційна стимуляція) людини не повинна перевищувати 40-60 % від максимального навантаження, тобто навантаження до межі, за якою настає зниження працездатності.

Серед особливих психологічних станів, що мають значення для психічної надійності працюючого, необхідно виділити пароксизмальні розлади свідомості психогенні зміни настрою, стану, пов'язані із прийомом психічно активних засобів (стимуляторів, транквілізаторів, алкогольних напоїв). Практичний досвід свідчить, що прийом легких стимуляторів (чай, кофе) може сприяти підвищенню працездатності на короткий період. Однак прийом активних стимуляторів (первітин, фенамін) здатний викликати негативний ефект — погіршується самопочуття, зменшується рухомість та швидкість реакцій. Із позицій безпеки праці особливе значення має посталкогольна астенія (похмілля). Розвиваючись у дні після вживання алкоголю, вона не тільки зменшує працездатність людини, але й веде до гальмування та зниження почуття обережності. Крім того зменшується опір організму дії різних хімічних речовин та електричного струму, що підвищує небезпеку отруєння або ураження його електричним струмом.

Соціальна сумісність визначена тим, що людина — істота біосоціальна. Вирішуючи питання соціальної сумісності, враховують відношення людини до конкретної соціальної групи та соціальної групи до конкретної людини.

Соціальна сумісність органічно пов'язана із психологічними особливостями людини. Тому часто говорять про соціально-психологічну сумісність, яка особливо яскраво виявляється у екстремальних ситуаціях у ізольованих групах. Але знання цих соціально-психологічних особливостей дає змогу краще зрозуміти аналогічні феномени, що можуть виникнути у звичайних ситуаціях у виробничих колективах, у сфері обслуговування тощо. Академік І.П. Павлов сказав: «Звичайно, самі сильні роздратування — це ті, що йдуть від людей. Все наше життя складається із важких стосунків з іншими, і це особливо болісно відчувається».

Технічно-естетична сумісність полягає у забезпеченні задоволення людини від спілкування з технікою, в процесі праці. Всім знайоме позитивне відчуття під час користування гарно виконаним приладом або пристроєм. Для рішення численних і дуже важливих технічно-естетичних завдань ергономіка залучає художників-конструкторів, дизайнерів.

