

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

О. В. Прасоленко, І. А. Афанасьєва

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
З ДИСЦИПЛІНИ**

«ЕРГОНОМІКА»

*(для студентів денної та заочної форм навчання
спеціальності 275 – Транспортні технології)*

Харків – ХНУМГ ім. О. М. Бекетова – 2021

Прасоленко О. В. Конспект лекцій з дисципліни «Ергономіка» (для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 275 – Транспортні технології) / О. В. Прасоленко, І. А. Афанасьєва; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 58 с.

Автори: канд. техн. наук, доц. О. В. Прасоленко,
канд. техн. наук І. А. Афанасьєва

Рецензент

Є. І. Куш, кандидат технічних наук, доцент кафедри транспортних систем і логістики Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою транспортних систем і логістики,
протокол № 1 від 29.08.2016.*

© О. В. Прасоленко, І. А. Афанасьєва, 2021.
© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021.

ЗМІСТ

Тема 1 Предмет, об'єкт і завдання ергономіки.....	4
1.1 Визначення ергономіки. Об'єкт і предмет дослідження ергономіки як науки.....	4
1.2 Коректована й проєктивна ергономіки. Людський фактор.....	4
1.3 Завдання ергономіки.....	5
1.4 Міждисциплінарні зв'язки ергономіки.....	6
Тема 2 Методологічні засоби ергономіки.....	6
2.1 Методологія ергономіки.....	6
2.2 Методологічні й методичні принципи ергономіки.....	8
2.3 Методична основа ергономіки.....	8
Тема 3 Структура трудової діяльності.....	11
3.1 Трудова діяльність у системі «людина – знаряддя праці – предмет праці – навколишнє середовище»....	11
3.2 Ієрархічна організація діяльності.....	12
Тема 4 Аналіз і опис діяльності людини в системі ЛМС.....	12
4.1 Опис діяльності на системному рівні.....	12
4.2 Аналіз і опис структури діяльності на операційно-психологічному рівні...	15
4.3 Структурний метод А. І. Губинського.....	15
4.4 Формалізація діяльності за допомогою математичного апарата теорії графів і теорії масового обслуговування.....	18
4.5 Метод статистичного еталона.....	20
Тема 5 Показники ергономічності техніки.....	24
5.1 Структура ергономічних показників.....	24
5.2 Структура ергономічних властивостей і показників техніки.....	24
Тема 6 Психологічний зміст діяльності людини.....	25
6.1 Психіка людини й психічні явища.....	25
6.2 Процеси переробки інформації людиною.....	31
6.3 Психічний зміст і структура переробки інформації людиною в процесі діяльності.....	32
Тема 7 Структура й функції аналізаторів.....	33
7.1 Загальні характеристики аналізаторів людини.....	33
7.2 Зоровий аналізатор.....	34
7.3 Слуховий аналізатор.....	36
7.4 Руховий аналізатор.....	39
7.5 Тактильний (шкірний) аналізатор.....	41
Тема 8 Функціональний стан людини.....	43
8.1 Функціональний стан людини.....	43
8.2 Працездатність людини. Фази працездатності.....	43
8.3 Емоційний стан. Емоційна напруга й емоційна напруженість.....	45
Тема 9 Проєктування й аналіз діяльності людини в системах ЛМС.....	47
9.1 Ергономічне забезпечення розробки систем ЛМС.....	47
9.2 Проєктування робочого місця оператора.....	49
Тема 10 Ергономічне забезпечення організації дорожнього руху.....	52
10.1 Загальні положення.....	52
10.2 Передумови й основи ергономічного забезпечення.....	53
10.3 Мета й завдання ергономічного забезпечення.....	54
Список використаних джерел.....	57

ТЕМА 1

ПРЕДМЕТ, ОБ'ЄКТ І ЗАВДАННЯ ЕРГОНОМІКИ

1.1 Визначення ергономіки. Об'єкт і предмет дослідження ергономіки як науки

Термін «*ергономіка*» у перекладі із грецького означає «*ергон*» – робота, «*номос*» – закон, тобто закони роботи. Ергономіку визначають як науку про системну оптимізацію трудової діяльності людини й умов її здійснення в системах «людина – знаряддя праці – предмет праці – навколишнє середовище». Її предметом є трудова діяльність, а об'єктом дослідження – система «людина – знаряддя праці – предмет праці – навколишнє середовище». Процес оптимізації виходить із системних властивостей компонентів трудового процесу й базується на системних показниках його ефективності. Оптимізація трудової діяльності, створюючи необхідні передумови для збереження здоров'я й розвитку особистості працівника, дозволяє домогтися значного підвищення ефективності й надійності діяльності людини [1–9].

Об'єкт дослідження ергономіки є система «суб'єкт праці – знаряддя праці – предмет праці – виробниче середовище».

Предмет дослідження ергономіки – трудова діяльність людини в системах: «Людина–Машина–Середовище» ЛМС.

До особливостей ЛМС відносяться наступні їхні властивості:

1 **Універсалізм**. Полягає в тому, що людина може використовувати машину по-новому, застосовувати її для рішення інших завдань.

2 **Адаптивність** – здатність пристосовуватися до широкого діапазону умов діяльності й змінювати властивості системи.

3 **Завадостійкість**. Досягається за рахунок того, що людина може використовувати різні аналізатори.

4 **Резервування**. Людина може компенсувати непередбачувані відмови техніки.

5 **Мінливість**. За рахунок зміни стану людини формується можливість широкого пристосування до типовим, інтенсивним і екстенсивним вимогам до роботи системи.

1.2 Коректована й проєктивна ергономіки. Людський фактор

Розрізняють наступні види ергономіки:

1 **Коректована** – оптимізація діяльності здійснюється по черзі за окремими факторами: психологічним, фізіологічним, гігієнічним і т. д. Інші фактори закріплюються. Потім окремі дані підсумовуються.

2 У **проєктивній** ергономіці оптимізація здійснюється за системними показниками. У якості системних показників використовуються *людські фактори*.

Людські фактори – це інтегральні характеристики зв'язків людини й машини, які проявляються в конкретних умовах їх взаємодії. Це не проста властивість людини або машини – це саме властивість їх взаємодії.

ЛМС ділять на 4 класи:

1-й – з еферентними знаряддями праці (інструментами). Психофізіологічна особливість цього класу полягає в зміні характеру впливу на предмет праці в порівнянні із природними руховими реакціями людини.

2-й – з аферентними знаряддями праці. За допомогою таких знарядь природний образ предмета праці перетворюється в змінений образ, який можна представити як найпростішу інформаційну модель предмета. Штучного коду тут немає, а є лише зміни масштабу об'єкта (звичайно представляється у вигляді взаємодії інформаційної моделі з якою взаємодіє оператор).

3-й – зі знаряддями пам'яті (креслення, фотографії). У цьому випадку використовується штучний код. Перекодування стає важливим компонентом діяльності.

4-й – зі знаряддями перетворення інформації (розрахунки, калькулятор, логарифмічна лінійка).

Другий клас поділяється на три підкласи:

1 підклас. Із простою машиною, у якій відбувається перетворення інформації з елементарної лінійної програми (передача від людини частини реакції прямого замикання). Зворотна інформація від предмета праці надходить майже повністю до людини, і він сам вносить корективи в програму машини.

2 підклас. З репродуктивно-перетворюючою машиною (звичайно ЕОМ). У цьому класі характерним є істотне майже повне, відчуження людини від предмета праці й від його перетворення.

3 підклас. З продуктивно-перетворюючою машиною (кібернетичні пристрої, що самоорганізуються). Взаємодія людини з такою машиною носить характер інформаційного обміну.

У другому класі систем людина виступає в ролі оператора.

Оператор – людина, яка взаємодіє з інформаційною моделлю.

Інформаційна модель – сукупність інформації про стан і функціонування об'єкта керування й зовнішнього середовища.

1.3 Завдання ергономіки

Виділяють наступні завдання ергономіки:

1. Розкриття закономірності трудової діяльності людини в системах ЛМС і визначення правил її організації.

2. Розробка теорії діяльності людини в системах ЛМС.

3. Розробка теорії оптимального багатofакторного синтезу систем ЛМС.

4. Розробка методології прогнозування станів системи ЛМС; моделювання, проектування й експлуатація цих систем у специфічних умовах їх використання.

5. Розробка методів і способів ергономічного забезпечення систем ЛМС – це вдосконалювання ергономічних властивостей і якостей технічних засобів, параметрів виробничого середовища й способів професійної підготовки людини.

1.4 Міждисциплінарні зв'язки ергономіки

Наукову базу ергономіки складають:

1. **Соціологія праці** – займається соціальними аспектами організації праці.
2. **Соціальна психологія** – вивчає психологічні закономірності або поведінку людей, включених у соціальні групи.
3. **Економіка праці** – займається оцінкою економічної ефективності проектних рішень.
4. **Фізіологія праці** – вивчає закономірності протікання фізіологічних процесів і особливості їх регуляції в ході трудової діяльності.
5. **Психологія праці** – вивчає закономірності протікання психічних процесів.
6. **Психофізіологія праці** – вивчає закономірності протікання психофізіологічних процесів.
7. **Психофізика** – вивчає взаємозв'язок фізичної сторони із психічною.
8. **Гігієна праці** – використовується обґрунтування біологічної оптимізації, якій повинна відповідати зовнішнє середовище.
9. **Анатомія людини** – вивчає будову людини.
10. Ядром ергономіки є **інженерна психологія** – психологічні аспекти взаємодії людини й машини.
11. **Педагогіка й педагогічна психологія** – використовується в процесі навчання.
12. **Дизайн** – художнє конструювання, естетичне оформлення робочого простору, предметного середовища й машин.
13. **Загальна теорія систем** – кібернетика, дослідження операцій, системотехніка.

ТЕМА 2

МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСОБИ ЕРГОНОМІКИ

2.1 Методологія ергономіки

Методологія ергономіки – філософське вчення про методи пізнання й перетворення дійсності, про застосування принципів світогляду до процесу пізнання, до духовної творчості й практиці. Іноді методологія – це сукупність методів.

Метод – спосіб досягнення поставленої мети.

Методика – послідовність розумових і фізичних процесів, відповідно до якої досягається поставлена мета в рамках даного методу.

Принцип – правило, що виникає в результаті суб'єктивного осмислення досвіду людей.

Виходячи з методологічних принципів, формується **триєдиний характер цілей ергономіки**:

Перша сутність – відношення в системі Л-М-С.

Друга сутність – не людина як проста ланка, включена в технічну систему, а машина, розглянута як засіб людської діяльності.

Сукупність принципів і методів ергономіки формує її методологію.

Основні функції методології:

1. Розпізнавання правил застосування світогляду до процесу пізнання й перетворення світу.

2. Визначення підходу до явищ дійсності.

Розрізняють методи:

- загальні;
- загальнонаукові;
- приватні.

Загальні методи – застосовуються в будь-яких науках, виступають у ролі світогляду (системний аналіз).

Загальнонаукові методи: спостереження, порівняння, рахунок, вимір, експеримент, узагальнення абстрагування формалізація, аналіз, синтез, індукція, дедукція, аналогія, аксіоматичний метод, гіпотетичний метод, історичний метод.

Спостереження – спосіб пізнання світу, заснований на безпосередньому сприйнятті явищ і предметів за допомогою органів почуттів без безпосереднього втручання в процесі з боку дослідження.

Експеримент – одна зі сфер людської діяльності, у якій зазнає перевірки істинність висунутих гіпотез або закономірність об'єктивного світу із втручанням ззовні.

Порівняння – встановлення відмінностей між об'єктами матеріального світу або знаходження в них загального, як за допомогою органів почуттів, так і за допомогою спеціальних пристроїв, приладів.

Вимір – фізичний процес визначення чисельного значення деякої величини шляхом порівняння її з еталоном.

Рахунок – знаходження числа, що дає якісну оцінку тих або інших властивостей досліджуваного об'єкта.

Узагальнення – визначення загального поняття, у якому знаходить відображення головне, що характеризує об'єкти даного класу.

Абстрагування – уявне відволікання від неіснуючих властивостей зв'язку й відносин предметів, виділення декількох сторін, що цікавлять досліджень.

Формалізація – відображення об'єктів і явищ у знаковій формі.

Аналіз – метод пізнання за допомогою розчленовування, розкладання предметів дослідження на основні частини.

Синтез – це з'єднання окремих сторін предмета в єдине ціле.

Індукція – умовивід від фактів до якогось спільного висновку.

Дедукція – умовивід у якому вивід про деякий елемент безлічі робиться на підставі знання загальних властивостей.

Аксиоматичний метод – побудова математичної моделі при якій деякі твердження ухвалюються без доказів і використовуються для одержання логічних висновків.

Гіпотетичний метод – дослідження, що припускає висування наукової гіпотези, складання моделі її вивчення.

Історичний метод – пропонує вивчення виникнення формування й розвиток об'єктів у хронологічній послідовності.

Метод аналогії – метод, за допомогою якого досягаються знання про предмет або явище на підставі аналізу подібності з іншими явищами.

2.2 Методологічні й методичні принципи ергономіки

Методологічні принципи:

1. ***Принцип субоптимізації*** – відповідно до цього принципу систему треба оптимізувати за системними критеріями в цілому.

2. ***Принципи явищ із малою ймовірністю*** – на явище з малою ймовірністю система не проектується.

3. ***Принцип усунення слабких ланок*** – резерв підвищення ефективності систем завжди перебуває в слабкій ланці.

4. ***Принцип максимізації довгочасної ефективності*** – ефективність системи повинна оцінюватися не в окремий момент часу, а за весь період функціонування системи.

Методичні принципи:

1. ***Принцип гуманізації праці*** – згідно з ним, при рішенні завдань підвищення ефективності праці слід виходити з вимог, пропонованих людиною технічним пристроям.

2. ***Принцип активного оператора*** – при визначенні ролі людини в системі ЛМС дуже важливо, щоб людина, здійснюючи активні функції, була активна при досягненні поставлених цілей.

3. ***Принцип проектування діяльності*** – проєкт діяльності повинен виступати як основа рішення всіх інших завдань побудови системи ЛМС.

4. ***Методичний принцип*** – принцип найменшого примусу.

5. ***Принцип автономності дії*** – людина повинна діяти автономно, незалежно від інших людей.

6. ***Принцип узгодження індивідуальних соціальних норм поведінки.***

7. ***Принцип забезпечення динамічної достатності*** – істотні змінні діяльності не повинні виходити за допустимі межі.

8. ***Принцип взаємодоповнення*** – властивості техніки повинні доповнюватися перевагами людини й навпаки.

9. ***Принцип ієрархії вимог*** – розміщення вимог за ступенем необхідності.

10. ***Принцип динамічної рівноваги*** між внутрішніми й зовнішніми засобами діяльності.

2.3 Методична основа ергономіки

Методична основа ергономіки впливає із загальних методів дослідження. Ергономіка використовує ідеї системного підходу, тобто цілісний розгляд людино-машинних систем. Аналітичне представлення діяльності.

Спеціальні методи

Електрофізіологічні методи:

Дозволяють оцінити функціональний стан організму людини.

Функціональний стан організму людини – комплексна багатокомпонентна характеристика функціональних систем організму, які прямо або побічно обумовлюють виконання діяльності. Показники функціонального стану організму дозволяють судити про напруженість і важкість праці.

Електрокардіографія

Метод електрокардіографії передбачає реєстрацію електрокардіограми. *Електрокардіограма* – графічний запис зміни різниці електричних потенціалів, які виникають на поверхні тіла внаслідок діяльності серця.

При реєстрації електрокардіографії найчастіше використовуються три, так звані стандартні відведення від кінцівок. Однак стандартні відведення припускають розслаблений стан людини в положенні лежачи. При активній руховій діяльності на електрокардіограму накладається електроміограма й затушовує її. Для психофізіологічних досліджень трудової діяльності людини доводиться шукати положення електродів, що усуває накладку на електрокардіограму електроміограми.

Для оцінки психофізіологічного стану людини, найчастіше, аналізують зміну пульсу, форму зубців і співвідношення інтервалів між окремими комплексами. При цьому відносні зміни цих характеристик електрокардіограми не залежать від місця її відведення.

Електроміографія

Електроміографія – це реєстрація сумарних коливань потенціалів, що виникають як компонент процесу порушення в області нервово-м'язових з'єднань і м'язових волокнах при вступі до них імпульсів від мононейронів спинного або довгастого мозку. Цей метод може використовуватися для виявлення показників електричної активності м'язів, ступеня емоційного порушення людини при нервово-емоційній роботі.

Електропневмографія

При електропневмографії вивчається частота й глибина подиху. У нормальному стані частота подиху становить близько 20 коливань у хвилину. У стані порушення або напруги частота подиху збільшується до 50-60 коливань у хвилину. Спостерігається також зменшення глибини подиху й укорочення фази виходу в порівнянні із входом.

Електроенцефалографія

Електроенцефалографія – запис електричної активності мозку, яка дозволяє одержати ряд характеристик діяльності нейронних ансамблів

головного мозку в природніх умовах. При аналізі електроенцефалограми враховують, насамперед, частоту, амплітуду, форму, тривалість, характер розподілу її хвиль.

Шкірно-гальванічна реакція

Шкірно-гальванічна реакція є вегетативною реакцією центральної нервової системи людини, проявляється в зміні електричних властивостей шкіри. Це явище особливо виражене на ділянках тіла з найбільш товстим шкірним покривом: на долонях рук і підшвах ніг. Основними характеристиками шкірно-гальванічної реакції є: лабільність фону, латентний період реакції, тривалість реакції, амплітуда й швидкість вгасання рефлексу при повторних застосуваннях подразника.

Електроокулографія

Електроокулографія застосовується для реєстрації активності ока випробуваного. Фізична й фізіологічна сутність якої заснована на існуванні різниці потенціалів між переднім і задніми полюсами очного яблука. Лінія, що з'єднує обидва полюси, збігається з оптичною віссю ока. Це означає, що при зміні положення електричної осі фактично змінюється напрямок погляду. Якісними показниками сприйняття є наявність або відсутність тривалих фіксацій, що прослідковують рух очей, і частота моргань.

Критична частота злиття мигтіння

Дозволяє оцінити стан, як зорового аналізатора, так і властивості нервової діяльності. Даний метод полягає в наступному: випробуваному пред'являється джерело мигтючого світла, частота мелькань якого зростає. Частота мелькань, при якій випробуваний відчуває безперервний потік світла, оцінюється як критична частота.

Полеєфекторний метод – реєстрація всіх перерахованих вище методів для вивчення функціонального стану організму людини.

На ряді з електрофізіологічними методами поширення одержали й психологічні. Прикладом є методи суб'єктивних оцінок функціонального стану, серед яких найбільше поширення одержали методи прямого суб'єктивного шкалювання. Однак, діагностика функціональних станів тільки на підставі даних суб'єктивного досвіду й самооцінки, може не відбивати дійсного стану справ.

В інженерній психології широко використовуються різноманітні методики оцінки стану різних психічних функцій: сприйняття, пам'яті, уваги, мислення. Застосування одних лише тестів недостатньо, найбільше часто вони проводяться разом з електрофізіологічними методами.

Метод кіномеханіки – прискорена кінозйомка.

Методи гігієни праці – вимірювання вологості повітря, атмосферного тиску, температури повітря, вміст пилу і токсичних речовин в повітрі, вимірювання рівня шуму, вібрації, освітлення робочого місця.

Антропометричні дослідження – вивчення робочих поз, їх оптимізація, дослідження співвідношення людини й машини.

Психофізичні методи: вимірювання часу реакції, визначення порогів динамічної чутливості органів почуттів.

Соціометричні методи – анкетування, інтерв'ювання, опитування.

Психологічні методи – методи тестування й суб'єктивного шкалювання.

Аналітичний метод: метод структурно-функціонального аналізу діяльності, метод статистичного еталона (заснований на оцінці сукупності кількісних показників діяльності), метод операційно-психофізіологічного аналізу, метод, заснований на формалізації діяльності за допомогою передатних функцій.

Методи проєктування в ергономіці:

- евристичний метод;
- алгоритмічний метод;
- послідовного поліпшення рішення.

ТЕМА 3 СТРУКТУРА ТРУДОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

3.1 Трудова діяльність у системі

«людина – знаряддя праці – предмет праці – навколишнє середовище»

Діяльність – це сукупність дій і вчинків людини, спрямованих на досягнення певних цілей. Основним видом діяльності людини в системі ЛМС є трудова діяльність.

Трудова діяльність із позиції ергономіки розглядається як процес перетворення інформації й енергії, що відбувається в системах ЛМС.

Діяльність людини має певну структуру, мету, мотиви й способи виконання. *Ціль* – це очікуваний людиною результат діяльності. *Ціль трудової діяльності оператора* – підтримка процесу керування в припустимих межах, запобігання відхилення цього процесу від норми.

Мотив – це те, що спонукає людину до діяльності. Основою мотиву є потреба людини.

Способи виконання діяльності – це певні системи трудових операцій, що впливають одна за іншою.

Трудовій діяльності зазвичай передують *навчальна діяльність*. Ціль навчальної діяльності – придбання й формування необхідних навичок, що дозволяють якісно виконувати трудову діяльність.

Навик – це дії доведені до досконалості, що виконуються легко, швидко, з найвищим результатом і найменшою напругою, як би автоматично. Навик здобувається в результаті тривалих вправ.

Процес трудової діяльності має двоїстий характер: *конкретний і абстрактний*.

Конкретний зводиться до створення продуктів праці. *Абстрактний* зводиться до витрат на них людської робочої сили, витратам психічної й фізичної енергії.

Діяльність, спрямована на створення конкретних результатів і на перетворення об'єктів зовнішнього світу, називається *предметною діяльністю*.

3.2 Ієрархічна організація діяльності

Діяльність поділяється на рівні:

1. **Цикл діяльності** – сукупність дій, що завершуються виконанням трудового завдання, або обмежена часом безперервної роботи.

2. **Дія** – акт поведінки, що має усвідомлену мету, мотив.

Дії діляться на практичні й розумові. До розумових відносяться **перцептивні**, за допомогою яких формується цілісний образ предметів (сприйняття); **мнемічні**, які входять до складу діяльності запам'ятовування й відтворення якого-небудь матеріалу; **розумові**, з яких складається рішення окремих розумових завдань. До практичних дій відносяться: рухові (моторні) і мовні. За допомогою цих дій оператор реалізує прийняті рішення по керуванню процесом, що протікає.

Співвідношення між практичними й розумовими діями в діяльності оператора в значній мірі залежить від ступеня автоматизації процесу керування. Чим більше ступінь автоматизації, тим більше питома вага розумових дій і менше практичних.

Дії складаються з окремих психічних актів. **Психічний акт** – це елемент психічної діяльності, відокремлений з неї за ознакою відносної однорідності його психологічної структури. Наприклад: акт зорового сприйняття, акт перемикавання уваги, акт мислення, руховий акт, мовний і ін. Психічний акт відрізняється від дії відсутністю усвідомленої мети, що досягається його виконанням.

3 **Операція** – стабільні компоненти дії.

Аналогом діяльності людини в технічних системах є *функціонування*, а аналогом дії є *функція* (машина функціонує а людина діє). Машина функціонує за внутрішніми законами системи, а людина діє за своїми законами. Людина використовує технічні компоненти системи як засіб своєї діяльності й посилення можливостей.

ТЕМА 4

АНАЛІЗ І ОПИС ДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ В СИСТЕМІ ЛМС

4.1 Опис діяльності на системному рівні

Аналіз діяльності має на увазі розчленовування її на ряд компонентів по певних ергономічних ознаках і опис взаємозв'язків між цими компонентами.

Аналіз виконується на двох рівнях:

- 1) на системному рівні;
- 2) на операційно-психологічному рівні.

На системному рівні – це лише загальна характеристика психологічних особливостей процесу переробки інформації людиною.

На операційно-психологічному рівні – це докладний аналіз алгоритмів переробки інформації, з'ясування психологічної структури дій.

Аналіз ґрунтується на виявленні ієрархічної структури й ступені виразності ряду ергономічних властивостей (ознак) вивченого виду діяльності.

Оскільки ергономічні властивості якісно можуть бути різні й мати різні одиниці виміру, то їх можна порівнювати тільки за допомогою безрозмірної величини, наприклад за допомогою вагових коефіцієнтів, балах. Ці умови можна виконати якщо застосовувати багатомірно-вагову схему опису. Принцип побудови такої схеми ілюструється на таблиці 1.

Об'єкт опису – ергатична система, яка має ряд локальних критеріїв, які приймаються за координати.

Після кожного рівня розподілів можуть з'являтися якісно різні значення показників $P_2^{(1)}$, $P_2^{(2)}$, $P_2^{(3)}$...

На кожному рівні опису кожна координатна ознака оцінюється показником 1, 2, ...К. Звичайно ДО = 1(5).

Опис діяльності реалізується у вигляді таблиці. Вихідною для даної оцінки є відсоток часу, необхідного для даного процесу.

Таблиця включає характеристики: структури, архітектоніки, якісної своєрідності тієї або іншої професії або розв'язуваної людиною задачі.

Аналізуються ще дві групи ознак:

- 1) специфічна напруженість;
- 2) неспецифічна напруженість.

Вони характеризують процес трудової діяльності з погляду психологічних і фізіологічних «витрат» (ціни), необхідної для досягнення мети.

Специфічна напруженість включає наступну групу показників:

- модальність;
- характеристика перетворення;
- характеристика кінцевого ефекту.

У таблицю вводиться оцінка шляхом вибору максимальних оцінок із сукупності більш приватних показників нижче заданого рівня.

Під напруженістю розуміється величина зусиль, яку людина повинна докладати для того, щоб виконувати поставлене перед ним завдання (рис. 1).

У психофізіології розрізняють психометричні шкали. Для оцінки напруженості доцільно використовувати двох координатну шестибальну шкалу.

Початкова точка відліку – 0 балів знаходиться в середині шкали, а в обидва боки від неї йдуть бали від 1 до 5 зі знаком (+) або (-).

Бали	Експертна оцінка напруженості
0	Практично відсутня
1	Невелика
2	Помірна
3	Значна
4	Велика
5	Надзвичайно велика

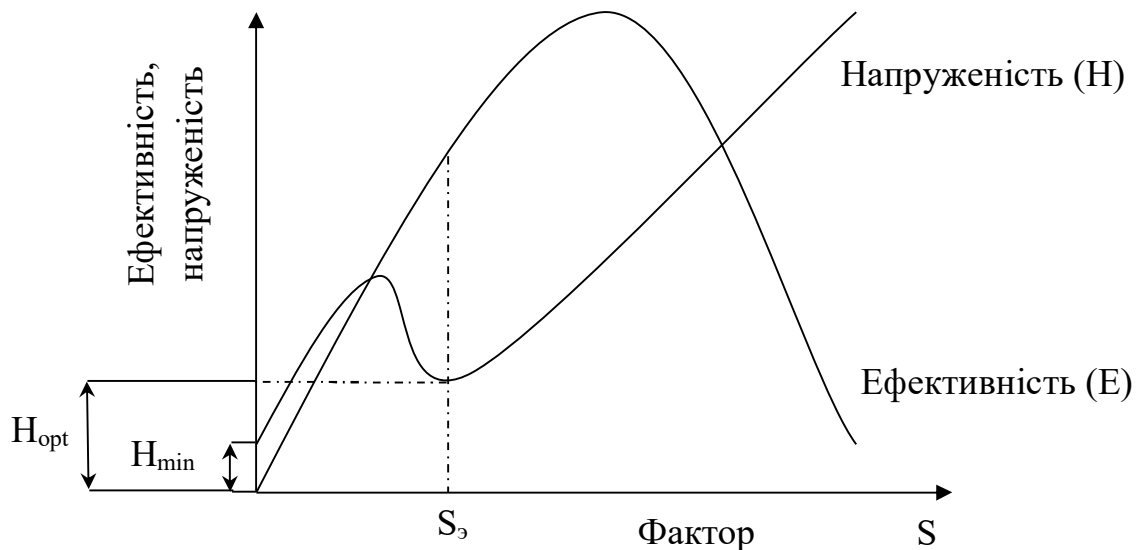


Рисунок 1 – Залежність ефективності, напруження від факторів
 H_{\min} – фонове напруження ($E = 0$)

Дана шкала має відношення до специфічної й неспецифічної напруженості, але кожний із цих типів має свої особливості.

Специфічна напруженість містить у собі два основні види: інтенсивну й темпову.

Показники системних властивостей трудового процесу

1 Характеристика проміжної системи керування між людиною й предметом праці.

2 Організація руху інформації в системі (одноканальна, багатоканальна; сполучена, з перемиканням).

3 По якості зворотного зв'язку:

- з повною інформацією;
- з дефіцитом інформації;
- з відставанням у часі й т. п.

4 Модальність сигналів: зорова, слухова, тактильна й ін.

5 Форма відображення інформації: безпосереднє сприйняття, кодування, умовний алфавіт і ін.

6. Характеристика сигналів-енграм (наочне, просторового, двомірного, тривимірного).

7 Характеристика перетворення (дискретна, спостереження, що трансформує, логічні й ін.).

8 Характеристика дій: моторно-динамічна, мовна, короткочасне запам'ятовування, довгочасне запам'ятовування.

9 Напруженість.

Частка даної ознаки в діяльності оцінюється в балах 0, 1, 2, 3, 4, 5.

Приватні показники – характеристики проміжної системи керування між людиною й предметами праці.

Організація руху в системі буває: одноканальна, багатоканальна, сполучена, з перемиканням з одного каналу на інший.

Модальність сигналу – слуховий, зоровий, тактильний сигнали і т. д.

Характеристики сигналів: одномірний, двомірний і т. п. Характеристика перетворення сигналу – логічна. Характеристика дії – мовна дія. Характеристика напруженості – частка кожної ознаки дії оцінюється в балах.

4.2 Аналіз і опис структури діяльності на операційно-психологічному рівні

Для оцінки складності трудової діяльності може бути використаний метод операторних алгоритмів, розроблений А. А. Ляпуновим.

Алгоритмом називають кінцеву сукупність правил для рішення тих або інших завдань. В алгоритмі Ляпунова операції названі елементарними операторами й позначені великими латинськими буквами. Логічні умови, які необхідні для виконання операцій, позначені маленькими латинськими буквами. Ці букви в алгоритмі розміщені перед символами залежних від них елементарних операцій. В алгоритм введені також оператори переадресації для зміни адрес у наказах або зміни початкових параметрів. Такі оператори позначаються буквою p із вказівкою в дужках змінюваної адреси або параметра. Наприклад, оператор, що зменшує параметр i на n одиниць, позначається $F-n(i)$, а, що збільшує на n одиниць – $F^{+n}(i)$. Якщо після букви F дужок не має, то вона є звичайним елементарним оператором.

В алгоритмі використаний також особливий знак ω , який називають *завжди хибною логічною умовою*. Цей знак використовується, коли слід підкреслити, що дана операція або сукупність операцій повторюються безупинно.

В алгоритмі виконання операції називають *спрацьовуванням елементарного оператора*. Елементарні оператори спрацьовують ліворуч праворуч. Після кожної логічної умови ставиться нумерована стрілка (\uparrow^2), спрямована вгору, а перед елементарним оператором, з яким пов'язана дана логічна умова, – стрілка того ж номера, але спрямована вниз (\downarrow^2). При виконанні логічної умови дії здійснюються відповідно до порядку, зазначеним стрілками. Якщо потрібно показати, що кілька елементарних операторів спрацьовують одночасно, то вони мають ті самі індекси. Крім зазначених позначень в алгоритмічному поданні складних процесів використовуються символи математичної логіки, теорії множин та інші спеціальні позначення. Прикладом алгоритму може служити вираз.

4.3 Структурний метод А. І. Губинського

Одним з найважливіших показників діяльності людини на рівні окремих алгоритмів є ймовірність виконання алгоритму P_A .

$$P_A = P_B P_C(t),$$

де P_B – ймовірність безвідмовного виконання алгоритму;

$P_C(t)$ – ймовірність своєчасного виконання алгоритму, тобто $t \leq T_{\text{доп}}$;

$T_{\text{доп}}$ – припустимий час виконання алгоритму.

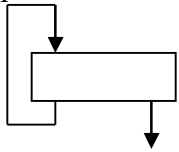
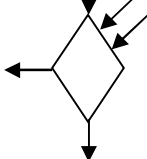
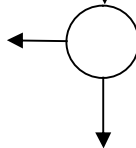
Для розрахунків значення P_A необхідно:

1. Виявити основні, допоміжні аварійні режими роботи системи ЛМС.
2. Визначити завдання, розв'язувані людиною при кожному режимі роботи системи (постійно виконувани й епізодично).
3. Скласти в описовій формі алгоритм діяльності в кожному режимі роботи системи. При складанні алгоритму необхідно послідовно викласти всі дії людини залежно від тих або інших умов. Дроблення діяльності слід робити до рівня окремих дій.
4. Охарактеризувати виконання кожної дії в тривимірному просторі (повороти рук, нахили тулуба, голови і т. д.).
5. Скласти формалізований запис алгоритму на рівні функціональних одиниць, для чого виявити в алгоритмі:
 - а) робочі блоки, тобто блоки при невиконанні кожного з яких навіть при ідеально надійній техніці завдання не буде виконано;
 - б) діагностичні блоки, тобто блоки метою яких є контроль несправності технічних засобів, що використовується при виконанні робочих блоків;
 - в) блоки самоконтролю, тобто блоки, метою яких є контроль безпомилковості виконання попередніх робочих блоків.

Таблиця 1 – Умовні позначки функціональних одиниць для оцінки безпомилковості й своєчасності виконання алгоритму

Функціональна одиниця	Характеристика безпомилковості		Характеристика своєчасності	
	назва	ум. позн.	назва	ум. позн.
1	2	3	4	5
Робочі блоки а) сенсорний і моторний 	Імовірність безпомилкового виконання блоку	β^1	Математичне очікування часу виконання блоку	$M[T]$
	Імовірність його виконання з помилкою	β^0	Дисперсія часу виконання	$D[T]$
б) логічний 	Імовірність безпомилкового вибору результату 1	β^{11}	Математичне очікування часу виконання блоку	$M[T]$
	Імовірність помилкового вибору результату 2	β^{12}	Дисперсія часу виконання	$D[T]$
	Імовірність безпомилкового вибору результату 2	β^{22}	Математичне очікування часу виконання блоку	$M[T]$
	Імовірність помилкового вибору результату 1	β^{21}	Дисперсія часу виконання	$D[T]$
в) затримки	Імовірність безпомилкового виконання блоку	β^1	Математичне очікування часу виконання блоку	$M[T]$
	Імовірність його виконання з помилкою	β^0	Дисперсія часу виконання	$D[T]$

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5
г) блок зі зворотним зв'язком 	Імовірність безпомилкового переходу до виконання наступного блоку	β^1	Математичне очікування часу виконання блоку	$M[T]$
	Імовірність помилкового переходу до виконання наступного блоку	β^0	Дисперсія часу виконання	$D[T]$
Діагностичний блок 	Імовірність визнання техніки справної при фактично справному стані	Π^{11}	Математичне очікування часу виконання блоку	$M[T]$
	Імовірність визнання техніки несправної при фактично несправному стані	Π^{00}	Дисперсія часу виконання	$D[T]$
Блок самоконтролю 	Імовірність визнання виконання робочих блоків правильними при фактично правильному їх виконанні	DO^{11}	Математичне очікування часу виконання блоку	$M[T]$
	Імовірність визнання виконання робочих блоків неправильними при фактично неправильному їх виконанні	DO^{00}	Дисперсія часу виконання	$D[T]$

г) подати структуру діяльності на рівні оперативних одиниць, для яких можуть бути задані кількісні характеристики;

д) визначити числові значення кількісних характеристик кожної оперативної одиниці й підрахувати їх для функціональних одиниць;

е) виявити в структурі діяльності деякі типові комплекси блоків операцій. Вони являють собою повторювані поєднання описаних раніше робочих блоків і блоків контролю.

ж) підрахувати кількісні значення P_A . Для цього:

1) визначити P_B шляхом перемножування імовірнісного елемента структури;

2) визначити $P_C(t)$. У якості закону розподілу часу, що витрачається на виконання алгоритму, може бути прийнятий гамма-розподіл, щільність якого має вигляд

$$f(t) = \begin{cases} \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} t^{\alpha-1} e^{-\beta t} \text{ нпу } t > 0, \\ 0 \text{ нпу } t < 0 \end{cases}$$

а параметри розподілу

$$\alpha = \frac{M_2[T]}{D[T]}, \quad \beta = \frac{M[T]}{D[T]}.$$

Для побудови кривої $P_C(t)$ необхідно:

– одержати значення математичного очікування $M[T]$ і дисперсії $D[T]$ часу виконання алгоритму;

– визначити параметри α й β ;

– по отриманих параметрах визначити значення неповної гамма-функції.

3) при великих значеннях параметрів гамма-розподілу α й β слід перейти до нормального закону розподілу.

4) виходячи із припустимого часу виконання алгоритму, визначити ймовірність своєчасного його виконання;

5) побудувати криву залежності ймовірності виконання алгоритму P_A від часу по формулі

$$P_A(t) = \beta S^1 P_C(t).$$

За допомогою цього опису визначають інтенсивність трудового процесу, його стереотипність, логічну складність.

$$I = M/t,$$

де I – інтенсивність;

M – число членів алгоритму, включаючи, елементарні оператори;

t – загальний час реалізації алгоритму.

4.4 Формалізація діяльності за допомогою математичного апарата теорії графів і теорії масового обслуговування

Для опису діяльності використовується математичний апарат теорії графів, теорія масового обслуговування, теорії ігор, апаратної теорії й автоматичного регулювання. За допомогою математичного апарата створюються моделі, однак ці моделі не переслідують мети моделювання людини. Мова йде про адекватне представлення результатів діяльності людини й процесу їх отримання.

У теорії графів як елементів використовуються вершини – *графу*, зв'язки між елементами – *ребрами*. При даній діяльності або поведінці людини вершини розглядаються як визначення його стану, а ребра як операції по переходу з одного стану в інше.

Апріорні ймовірності для характеристики графів використовують апріорну вагу вершини (q), повна вага вершини (Q):

$$Q = q \cdot \gamma.$$

Широко поширені моделі, засновані на теорії масового обслуговування. Найчастіше в цих моделях використовують марковські процеси.

Під марковським процесом (процесом без наслідку) розуміється процес, що володіє наступною властивістю: для кожного моменту часу t_0 ймовірність будь-якого стану системи в майбутньому (при $t > t_0$) залежить тільки від її стану

в сьогодні (при $t = t_0$) і не залежить від того, коли і яким образом система прийшла в цей стан.

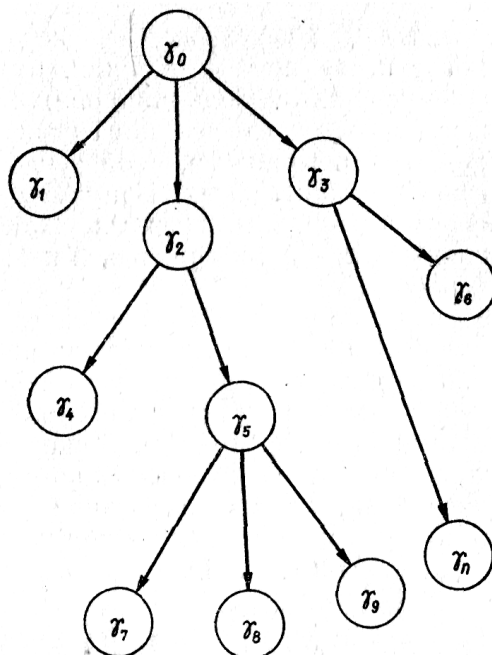


Рисунок 2 – Орієнтований граф цілеспрямованої поведінки

Марковським ланцюгом називають таку випадкову послідовність подій, при якій у ланцюжку подій імовірність переходу з будь-якого стану S_i у будь-яке S_j не залежить від того, коли і як система прийшла в стан S_t . При цьому зміна станів системи відбувається в якісь моменти: $t_0, t_1, t_2, \dots, t_k$. Використовують наступне позначення події: S_i , що полягає в тому, що після R кроків система перебуває в стані S_i ; імовірність того, що в цей момент t система перебуває в стані S_i , позначається $P_i(t)$. При використанні ланцюгів Маркова ставиться завдання визначення ймовірності знаходження системи в якому-небудь стані.

Для визначення ймовірностей стану $p_1(t); p_2(t) \dots p_n(t)$ будують систему лінійних диференціальних рівнянь. При складанні рівнянь користуються графом стану системи – наочним зображенням стану системи (рис. 3).

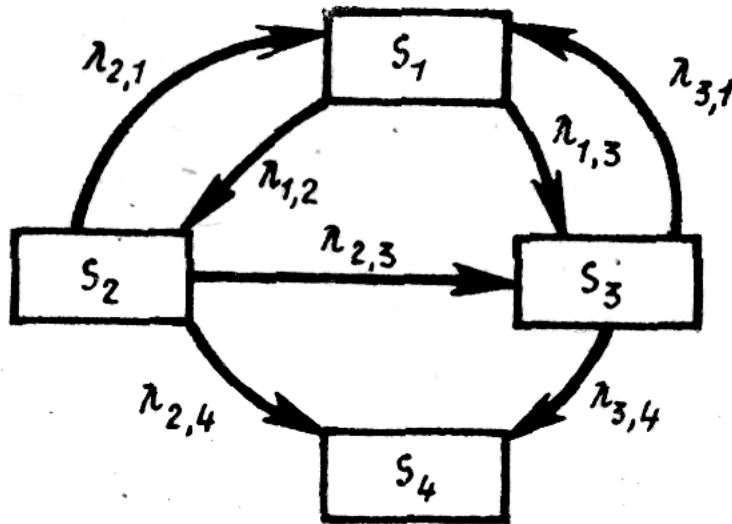


Рисунок 3 – Граф стан системи (λ – щільність потоку подій)

Для системи, показаної на рисунку 3, диференціальні рівняння мають вигляд:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dp_1(t)}{dt} &= \lambda_{2,1} p_2(t) + \lambda_{3,1} p_3(t) - (\lambda_{1,2} + \lambda_{1,3}) p_1(t); \\ \frac{dp_2(t)}{dt} &= \lambda_{1,2} p_1(t) - (\lambda_{2,1} + \lambda_{2,3} + \lambda_{2,4}) p_2(t); \\ \frac{dp_3(t)}{dt} &= \lambda_{1,3} p_1(t) + \lambda_{2,3} p_2(t) - (\lambda_{3,1} + \lambda_{3,4}) p_3(t); \\ \frac{dp_4(t)}{dt} &= \lambda_{2,4} p_2(t) + \lambda_{3,4} p_3(t). \end{aligned} \right\}$$

4.5 Метод статистичного еталона

Метод спрямований на розрахунки математичного очікування й середнього квадратичного відхилення часу безпомилкового виконання оператором, детермінованого алгоритму залежно від параметрів апаратної й операційної складності його діяльності на конкретному робочому місці.

Статистичним еталоном називається умовна апаратура, що має конструкцію аналогічну досліджуваному реальному робочому місцю. Вплив апаратної й операційної складності на характеристики тривалості безпомилкового виконання алгоритмів на такій умовній апаратурі можна досліджувати досить простим експериментальним шляхом.

Для одержання характеристик на статистичному еталоні необхідно врахувати вплив конкретних технічних елементів, які використовуються на реальному робочому місці (рис. 4).

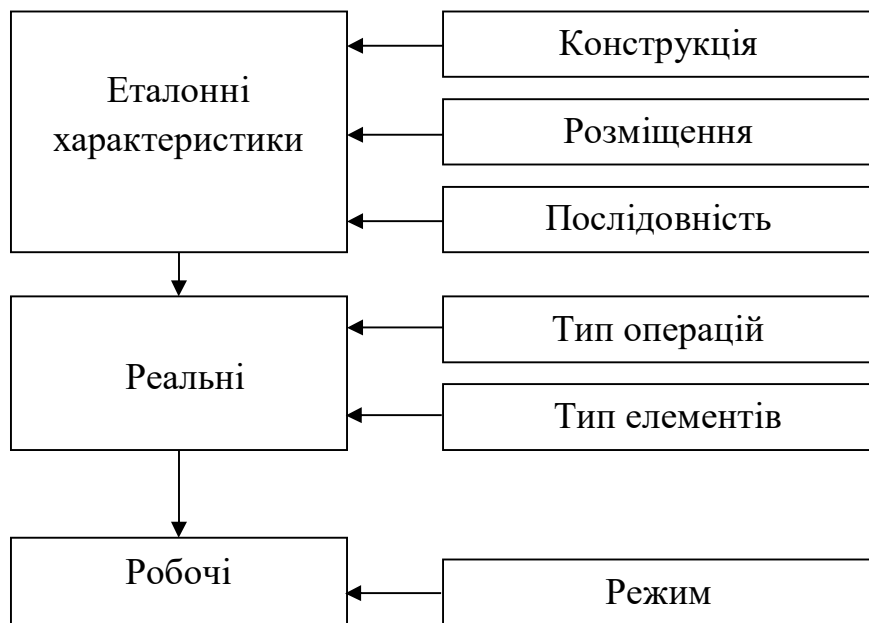


Рисунок 4 – Характеристики еталону

Таким чином, спочатку розраховуються характеристики роботи оператора на статистичному еталоні, а потім вони перераховуються в реальні.

Апаратна складність оцінюється по трьом показникам:

1. *Площа образу операційного поля (S)*, яка виражається кількістю повних або неповних умовних кутових одиниць огляду (прямокутників, зі сторонами 400 по горизонталі й 200 по вертикалі), що укладаються в контур цього поля без порушення його безперервності.

2. *Характер розміщення елементів на операційному полі*, що враховується кількістю горизонтальних рядів (g), у які поєднуються елементи операційного поля.

3. *Невпорядкованість алфавіту позначень елементів операційного поля (a)*. У тому випадку, коли позначення елементів такі, що кожне позначення однозначне визначає положення елемента серед інших. Алфавіт позначень вважається повністю впорядкованим якщо $a = 0$. У тому випадку, коли позначення елементів не несуть у собі ніякої інформації про положення їх серед інших елементів (наприклад, словесні назви або абстрактні символи), алфавіт позначень вважається повністю невизначеним і $a = 2,5$. При частково впорядкованому алфавіті $a = 1$.

Операційна складність враховується за допомогою показників операційної невпорядкованості (h), яка враховує складність вибору чергових елементів у даному інформаційному полі:

$$h = \log_2 n,$$

де n – кількість елементів, з яких проводиться вибір у даному операційному полі.

Якщо в поле з n елементів послідовно вибирається n раз по 1-му елементу, то

$$h = n \log_2 n,$$

Якщо елементи вибираються залежно від черговості їх розташування або якомусь закону, то показник операційної невпорядкованості розраховується у вигляді суми:

$$h = r \log_2 n + \sum_{i=1}^b (\log_2 r_{1i} + r_{2i} \log_2 n_{1i}),$$

де r – кількість елементів інформаційного поля, обраних в алгоритмі незалежно від вибору інших елементів;

n – кількість елементів в операційному полі;

b – кількість упорядкованих послідовностей в алгоритмі;

i – номер i -ї упорядкованої послідовності;

r_{1i} – кількість можливих напрямків вибору наступних елементів (якщо їх вибір пов'язаний з вибором наступного елемента);

r_{2i} – загальна кількість елементів в i -й упорядкованій послідовності;

n_{1i} – кількість елементів в i -й упорядкованій послідовності, серед яких проводиться вибір кожного елемента.

Іноді розрахунки h проводяться по наближених формулах

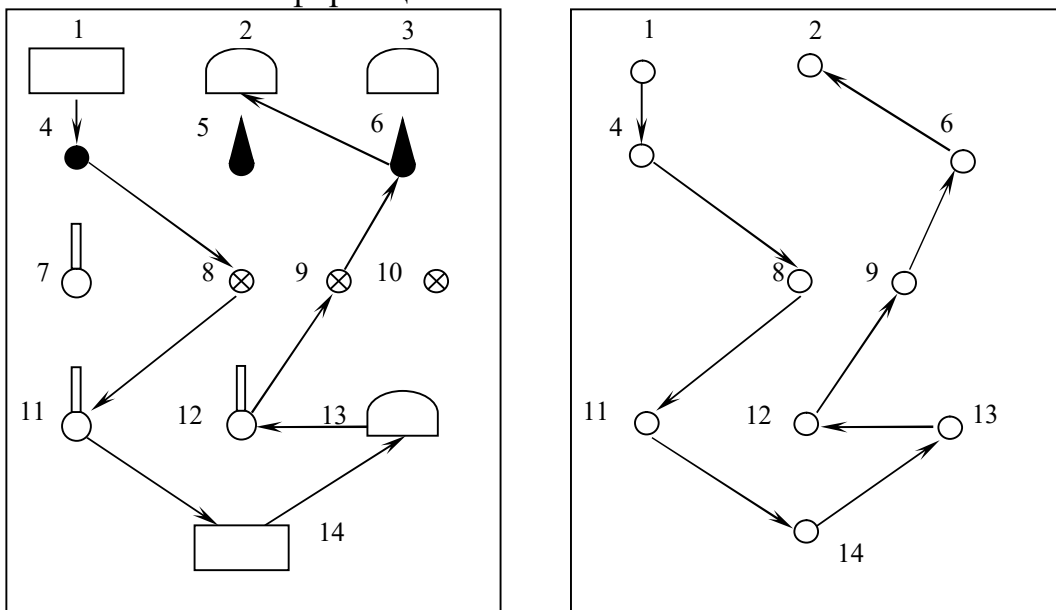
$$h \approx \sum_{i=1}^n |N_{i+1} - N_i| + \Delta,$$

де N_i – номер елемента, обираного першим;

N_{i+1} – номер наступного обираного елемента;

Δ – кількість змін знаків у різниці $N_{i+1} - N_i$ при розрахунках n членів суми.

Елементи нумеруються уздовж горизонтальних рядів ліворуч праворуч, починаючи з лівого верхнього кута операційного поля. Довжина маршруту обслуговування (l) розраховується в метрах як сума відстаней між послідовно обраними елементами інформаційного поля.



Реальне робоче місце

Статистичний еталон

Рисунок 5 – Елементи інформаційного поля

Для визначення еталонних характеристик тривалості безпомилкового виконання алгоритму його поділяють на сукупності по 10 операцій. Для цих сукупностей розраховується математичне очікування й середньо квадратичне відхилення по рівняннях регресії:

$$m_{\varepsilon i} = a_o + \sum_{i=1}^5 a_i c_{ij}, \quad \sigma_{\varepsilon i} = a_o^* + \sum_{i=1}^5 a_i^* c_{ij}.$$

де a_o, a_o^* – постійні коефіцієнти регресії;

a_i, a_i^* – коефіцієнти регресії по i -му факторові;

c_{ij} – значення розрахункових параметрів складності j -ї частини (по 10 операцій).

$$c_{1j} = S, c_{2j} = g, c_{3j} = a, c_{4j} = lgh, c_{5j} = l.$$

Для розрахунків $m_{\varepsilon i}$ і $\sigma_{\varepsilon i}$ використовуються двофакторні номограми.

Перехід від оцінок для статистичного еталона до реальних оцінок використовуються формули:

$$m_p = m_{\varepsilon} \Delta_p, \quad \sigma_p = \sqrt{\sigma_{\varepsilon}^2 \Delta_p}.$$

$$\text{де } \Delta_p = \frac{n_k + n_n + 0,75n_m + 0,25n_l + 3n_o + 2,5n_p + 5n_{ш}}{n},$$

де n_k – кількість натискань кнопок;

n_n – кількість перестановок перемикача;

n_m – кількість включень тумблерів;

n_l – кількість спілкувань із лампочками;

n_o – кількість відліків по стрілках приладів;

n_p – кількість плавних регулювань (настроювань);

$n_{ш}$ – кількість регулювань за допомогою викрутки;

n – загальна кількість операцій в аналізованій сукупності.

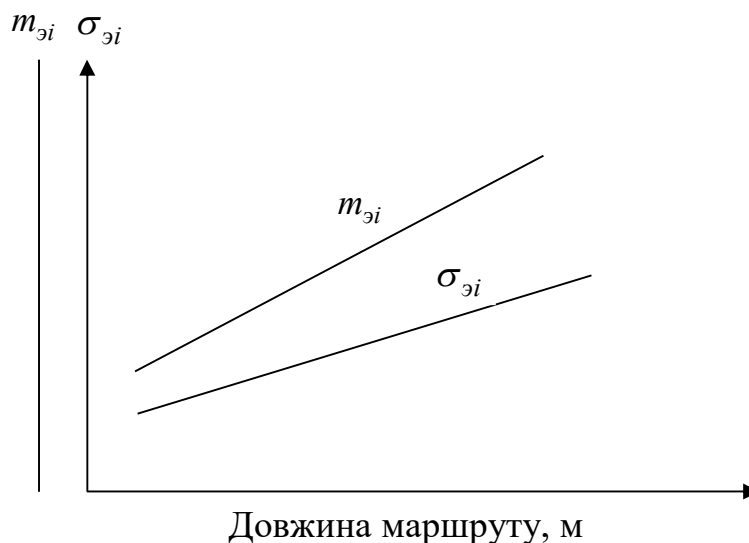


Рисунок 6 – Приклад двофакторної номограми

Результати оцінок по кожному блоку (по 10 операцій) надалі підсумуються для всього алгоритму.

Імовірність своєчасного й безпомилкового виконання аналізованого алгоритму розраховується по формулі:

$$P_A(t) = \begin{cases} 0 & \text{для } t < t_o \\ 1 - e^{-\mu(t-t_o)} & \text{для } t \geq t_o \end{cases}$$

де t_o – параметр зсуву;

$$t_o = m - 0,7\sigma;$$

μ – параметр інтенсивності:

$$\mu = \frac{1}{\sigma};$$

m , σ – математичне очікування й середньо квадратичне відхилення часу безпомилкового виконання алгоритму.

ТЕМА 5 ПОКАЗНИКИ ЕРГОНОМІЧНОСТІ ТЕХНІКИ

5.1 Структура ергономічних показників

Критерії й показники ефективності

Критерій – це ознака по якому судять про ефективність проектного рішення. Кількісну характеристику ознаки називають *показником*.

В ергономіці при проектуванні використовують критерії соціальної адекватності (відповідності).

Проектування – вибір способу діяльності людини й розрахункових характеристик цієї діяльності (екологічна безпека, естетичні вимоги і т. д.).

5.2 Структура ергономічних властивостей і показників техніки

Під *ергономічністю* розуміється сукупність властивостей системи, що забезпечують можливість динамічної взаємодії людини з технічними засобами з метою виконання системою поставлених завдань у заданих умовах її експлуатації.

Властивість – це здатність предмета виявляти ті або інші сторони й характеристики в процесі взаємозв'язку й взаємодії. Властивість обумовлена внутрішньою природою, будовою, структурою.

Ергономічність містить у собі ряд ергономічних властивостей, до яких відноситься керованість, обслуговування, освоєння і населеність.

Керованість, обслуговування, освоєння описують властивості техніки, при яких вона органічно включається в оптимальну психофізіологічну структуру діяльності людини (групи людей) по керуванню, обслуговуванню й освоєнню техніки.

Освоєння характеризується оцінкою складності техніки з точки зору вимог пропонованої нею до індивідуальних якостей операторів, які повинні

обслуговувати дану систему. Для цього використовується показник комплектування операторів системи λ , що характеризує можливість одержання необхідної кількості операторів з випадкової вибірки людей, спрямованих на освоєння системи:

$$\lambda = \frac{\varphi}{\eta},$$

де $\varphi = \frac{m}{M}$, $\eta = \frac{n}{N}$.

m – кількість осіб із складу колективу операторів, які потребують спеціального відбору;

M – загальна чисельність колективу операторів, що обслуговують систему;

n – кількість осіб придатних, по своїх психофізіологічних можливостях до обслуговування даної системи;

N – загальна чисельність вибірки, із состава якої відбираються кандидати.

Якщо $\lambda < 1$, то система відноситься до розряду нормального комплектування. Якщо $\lambda > 1$ то потрібен попередній відбір.

Для оцінки обслуговування системи визначається ймовірність своєчасної підготовленості системи обслуговуючим персоналом до застосування.

Під населеністю розуміється ергономічна властивість техніки, при якій умови її функціонування наближаються до оптимальних з погляду життєдіяльності працюючої людини (групи людей), а також забезпечуються зменшення або ліквідація шкідливих наслідків функціонування техніки для навколишнього середовища.

ТЕМА 6 ПСИХОЛОГІЧНИЙ ЗМІСТ ДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ

6.1 Психіка людини й психічні явища

Психіка – суб'єктивне відображення людиною об'єктивного світу.

У психіці розрізняють: психічні процеси, стани, властивості.

Психічні процеси – це динамічне відображення дійсності в різних психічних формах (відчуття, сприйняття, уява, мислення і т. д.).

Психічний стан – відносно стійкий рівень психічної діяльності, який проявляється в даний час і визначає активність людини.

Психічні властивості – це стійке психічне утворення, що забезпечує певний рівень діяльності й поведінки, типової для даної людини (уважність, організованість, рішучість тощо).

Регулювання діяльності здійснюється нервовою системою. В основі регуляції лежить два процеси – збудження й гальмування.

Збудження – це ефект роздратування, який виражається в посиленні обміну речовин і появі специфічної реакції.

Гальмування – це затримка обміну речовин.

Кожний із цих процесів поширюється від місця первісного виникнення на інші ділянки (*іrrадіація*). Обидва процеси можуть стягуватись до пунктів первісного виникнення (*концентрація*). Кожен з них здатний викликати протилежний процес (*взаємна індукція збудження й гальмування*).

Реакція організму на роздратування називається *рефлексом*. Розрізняють *умовний* і *безумовний* рефлекси. *Безумовний* – уроджений рефлекс. *Умовний* – формується під час життя.

Систему взаємозалежних рефлексів називається *динамічним стереотипом*. На основі динамічних стереотипів формуються *навички*.

Навички – діяльність, яка доведена до досконалості, автоматична, без зайвих рухів. Наявність зайвих рухів у початковій стадії формування навичок пояснюється розповсюдженням збудження на різні ділянки нервової системи. У міру формування навички збудження концентрується.

Нервова система складається з ЦНС і периферичної нервової системи. ЦНС – спинний і головний мозок. Центри, які керують рухом називають моторною системою.

Основними психологічними процесами що беруть участь у прийманні інформації, є відчуття, сприйняття, пам'ять, уявлення й мислення.

Відчуття – відображення окремих властивостей предметів і явищ навколишнього світу, а також внутрішнього стану організму. За допомогою відчуттів людина відрізняє колір, вагу, форму й інші властивості навколишнього світу. Відчуття формується за допомогою органів почуттів. На основі відчуттів виникає більш складна форма психічного відображення – сприйняття.

Сприйняття – це наочно-образне відображення діючих у цей момент часу на органи почуттів предметів або явищ. Сприйняття на відміну від відчуття відображає різні властивості предметів у їхній сукупності.

На сприйняття впливає минулий досвід людини. Сприйняття й відчуття залишають сліди в нервовій системі, які зберігаються протягом тривалого часу. Ці сліди становлять основу пам'яті.

Пам'яттю називається психічний процес фіксування, збереження й наступного відтворення минулого досвіду людини. Процес фіксування в мозку складається із двох послідовних фаз – початкової, яка формує *короткочасну* пам'ять і пізньої, у процесі якої формується *довгочасна* (постійна) пам'ять. Із загального обсягу інформації, що потрапила в мозок, у довгочасну пам'ять переходить 20–25 %, але зберігатися ця інформація може протягом всього життя. Короткочасна пам'ять проявляється в діяльності тоді, коли рішення, які ухвалює людина, ґрунтуються на інформації, отриманої безпосередньо перед ухваленням рішення. Довгочасна пам'ять проявляється в знаннях і вміннях людини. Відтворення тісно пов'язане із процесом уявлення.

Пам'ять ділиться на наступні типи:

- нагляднообразна;
- словесно-логічна;

– емоційна.

Залежно від аналізатора сприйняття:

– зорова;

– рухова;

– змішана;

– тактильна.

Зовнішня – напрямок психічної діяльності на вибіркоче сприйняття предметів або явищ.

Уявлення – це вторинний чутливий орган предмета або явища, який у цей момент часу не діє на органи почуттів і але обов’язково діяв в минулому.

Фізіологічною основою уяви є поживлення слідів тих збуджень, які виникали в людському мозку при сприйнятті, тому уявлення можна розглядати як живий слід попереднього впливу (оживлення слідів – відтворення).

За допомогою уявлення людина прогнозує події і їх послідовність. На основі уявлення формується психічне очікування можливості тієї чи іншої події:

$$P_c = \frac{C}{H},$$

де P_c – суб’єктивна ймовірність; C , H – наявна й необхідна ймовірність.

Уява – створення програми поведінки, побудова образу продукту праці, прогнозу розвитку подій.

Процес відображення у свідомості людини загальних властивостей навколишнього світу називають мисленням. Мислення здійснюється в мовній формі.

Процес мислення, що становить зіставлення двох або декількох суджень, у результаті якого виводиться нове судження. Часто умовивід називається *висновком*.

Одне судження – це основа, інше – це наслідок.

Розрізняють наступні види мислення:

1) наочно-діюче;

2) наочно-образне;

3) образне;

4) словесно-логічне (понятійне);

5) оперативне.

1. *Наочно-діюче* мислення – це аналіз і синтез пізнаваних об’єктів у процесі практичної діяльності з ними.

2. *Наочно-образне* – процес трансформації перцептивних (почуттєвих) образів і уявлення об’єктів (уявне обертання предмета, його реконструкція).

3. *Образне мислення* – процес зіставлення поточної інформації про об’єкт із раніше накопиченою інформацією.

4. *Словесно-логічне (понятійне) мислення* – процес відображення у свідомості людини істотних зв’язків і відносин між предметами або явищами матеріального світу.

Оперативне мислення – процес розв’язання практичних завдань, у результаті якого формується суб’єктивна модель передбачуваної сукупності

дій, (план операцій) які забезпечують розв'язання поставлених завдань. Це мислення включає виявлення проблемної ситуації й систему її уявних і практичних перетворень.

Елементом мислення є судження й умовивід.

Судження – це висловлення, у якому затверджується або заперечується зв'язок між поняттями (судження – це зіставлення понять). Судження в мові виражається у вигляді речень.

Умовивід – є вивід з одного або декількох суджень. Мислення, безпосередньо пов'язане із практичною діяльністю називається *оперативним*.

Оперативне мислення, як правило, протікає при наявності дефіциту часу. Важливою особливістю оперативного мислення є його спрямованість, поступальний рух думки від даного до шуканого. Оперативне мислення має алгоритмічний характер. Евристичні розв'язки ухвалюються за допомогою творчого мислення.

Основними компонентами оперативного мислення є:

1) *структурування* – утворення більших одиниць на основі зв'язування елементів ситуації між собою;

2) *динамічне дізнавання* – це дізнавання частин кінцевої ситуації у вихідній проблемній ситуації;

3) *формування алгоритму розв'язку*, тобто виробіток принципів і правил розв'язання завдання, визначення послідовності дій.

Ці три компоненти виступають у послідовності й формують три етапи оперативного мислення.

У процесі оперативного мислення (розв'язку) оператор використовує методи дедукції й індукції.

Індукція – умовивід від фактів до загального.

Дедукція – умовивід від загального до частки (від наслідку до причини). Рух думки від наслідку до причини називають *абстрактною* операцією. Абстрактні розв'язки у відмінності від дедуктивних характеризуються великим ступенем невизначеності, тому що один і той же наслідок може викликатися різними причинами.

Увага – це спрямованість психічної діяльності на вибіркоче сприйняття певних предметів або явищ, а також вибіркоче відображення минулого досвіду й дійсності. Увага не є самостійною психічним процесом, а тільки організацією цих процесів.

Основні властивості уваги: зосередженість, стійкість, переключення, обсяг і розподіл.

Зосередженість оцінюють через інтенсивність. Інтенсивність уваги – це ступінь зосередженості на сприйняття даного об'єкта:

$$B_{ep\delta} = \left(1 - \frac{n}{m}\right) \cdot 100\%,$$

де m – число простих математичних операцій, яке може виконати людина при абсолютному зосередженні на них уваги.

n – число операцій, яке може виконати людина паралельно з виконуваною роботою.

Таблиця 6.1 – Зосередженість уваги

Робота	$V_{epb}, \%$
1	2
Водіння автомобіля за містом	35
Водіння автомобіля в місті	60
Робота на свердлильному верстаті	15
Робота на токарському верстаті	26
Робота на друкарській машинці	78
Читання	100

Стійкість уваги – здатність тривалий час зосереджувати увагу на одному предметі або на одній і тій же операції.

Мимовільні коливання уваги (флуктуації) 5–12 с. За рахунок коливань уваги людина втрачає 10–15 % інформації. Тривалість зосередження уваги на одній і тій же роботі досягає 30–40 хв. Далі потрібні більші вольові зусилля. Після 30–40 хв людина втрачає 25–30 % пропонованої інформації.

Обсяг уваги дорівнює обсягу сприйняття й визначається кількістю об'єктів, які людина може сприймати одночасно. Залежно від умов обсяг уваги рівний 4–8 об'єктам.

Розподіл уваги – це трудова навичка, яка формується в процесі виробничого навчання. Розподіл уваги проявляється в умінні робити кілька справ одночасно, але справи не повинні бути суперечливі.

Перемикання уваги – це вміння швидко переміщати увагу з одного об'єкта на інший. Необхідність перемикання уваги пов'язана з тим, що людина не може одночасно сприймати кілька різнорідних подразників, не зв'язаних один з одним по змісту.

Для перемикання уваги з одного зорового подразника на інший потрібно від 0,2 до 1,5 сек. Для перемикання уваги з одного звуку на інший необхідно 0,15 сек.

Велика емоційна напруга ускладнює перемикання уваги.

Емоції – відображення мозком потреби й імовірності її задоволення в даний момент. Приклад: гнів, радість, страх.

$$\mathcal{E} = P \cdot (H - 3).$$

Потреба – відображення мозком потреби організму.

Нестаток – життєво важлива константа організму відносно рівноважному рівню.

Діяльність, регульована безпосередньо потребами й емоціями називається імпульсивною поведінкою.

Свідоме досягнення поставлених цілей регулюється вольовими актами. *Воля* – особлива сторона психічного життя людини, яке одержує своє вираження у свідомій спрямованості дій. Основною діяльністю людини є мотив.

Мотив – внутрішнє спонукання. Сила мотиву дорівнює силі потреби.

Мислення – активний процес відображення об'єктивного світу у формі понять, суджень і умовиводів.

Мислення – це опосередковане узагальнене відображення в мозку людини істотних властивостей, причинних відносин і закономірних зв'язків між об'єктами або явищами. Опосередкований характер мислення полягає в тому, що людина за допомогою органів почуттів, проникає в сховані властивості, зв'язки й відносини. Людина пізнає дійсність не тільки в результаті особистого досвіду, але й непрямим шляхом за допомогою спілкування з іншими людьми. Мислення нерозривно пов'язане з мовою й не може здійснюватися поза нею. Структурними елементами мислення є поняття, судження й умовивід.

Поняття – це думка, що відображає істотні й необхідні ознаки предмета або явища. Поняття можуть бути:

- | | |
|------------------|-----------------|
| а) загальними; | г) конкретними; |
| б) одиничними; | д) абсолютними; |
| в) абстрактними; | е) відносними. |

Розкриття змісту поняття називають його *визначенням*. Визначення повинне відповідати трьом найважливішим ознакам:

- 1) визначення повинне вказувати на найближче родове поняття. (приклад: трикутник – це геометрична фігура яка...);
- 2) визначення повинне вказувати на те, чому дане поняття відрізняється від інших понять (приклад: трикутник – має три сторони);
- 3) визначення поняття не повинне визначатися самим собою.

Процес переробки інформації людиною схематично представлений на рисунку 7.

1. **Перший крок** – виділення сигналу на тлі шумів (f_1). Він включає процес виявлення й часткового розпізнавання. Уже на першому етапі певну роль відіграють сліди – *енграми*, закладені в пам'яті в минулому досвіді.

2. **Другий крок** – впізнавання сигналів шляхом порівняння з еталонами – енграмами (f_2). Цей етап називається еталоном попередньої обробки інформації й містить у собі розв'язок таких завдань, як віднесення образу до класу й перетворення його у вид, зручний для подальшої обробки.

3. **Третій крок** іде по двом каналам – або по пошуковому, або по автоматизованому. В основі пошукового каналу лежить формування й гальмування умовних рефлексорних зв'язків. При цьому відбувається перетворення (трансформація) образів, понять, ознак. Механізм автоматизованого замикання включає міцно закріплені умовно-рефлексорні зв'язки. Перетворення інформації з пошукового каналу здійснюється в такий спосіб.

6.2 Процеси переробки інформації людиною

У структурі процесу переробки інформації ергономісти визначають три компоненти:

- 1 – інформаційний пошук;
- 2 – інформаційна підготовка рішення;
- 3 – ухвалення рішення.

Інформаційний пошук.

Суть інформаційного пошуку полягає в активному виділенні елементів інформаційного поля стосовних до завдань оператора. При цьому оператор може виконувати наступні дії:

- 1) неселективний пошук або перерахування сигналів в інформаційному полі;
- 2) пошук і виділення інформації із заданого еталона;
- 3) виявлення змін в інформаційному полі;
- 4) постановка об'єктів у чергу на обслуговування.

У пошукових діях розрізняють більш прості операції: виявлення й виділення сигналів з фону; ідентифікація сигналів; декодування сигналів, звірення інформаційного поля з еталонами пам'яті.

Неселективний пошук або перерахування сигналів обмежується операцією виявлення, тобто виділення їх з фону.

Процес інформаційного пошуку можна представити у вигляді сканування поля зображення напівпрозорою маскою із прорізами в ній у вигляді вікон. Час сканування складається з добутку середньої тривалості зорових фіксацій і числа кроків пошуку. Час сканування:

$$\tau = \frac{(N / n + 1)}{M + 1} T_{\phi} \text{ при } n > 1,$$

де N – загальний обсяг відображення;

n – обсяг оперативного поля зору;

M – кількість критичних елементів;

T_{ϕ} – тривалість фіксації погляду.

Інформаційна підготовка рішення.

Інформаційна підготовка рішення включає наступні дії:

- 1 – пошук проблемної ситуації;
- 2 – побудова оперативної образно-концептуальної моделі (ОКМ);
- 3 – вибір оцінних критеріїв і заходів, які визначають характер і напрямок перетворень вихідної інформації;
- 4 – перетворення ОКМ, спрямовані на приведення її до виду, придатного для ухвалення рішення.

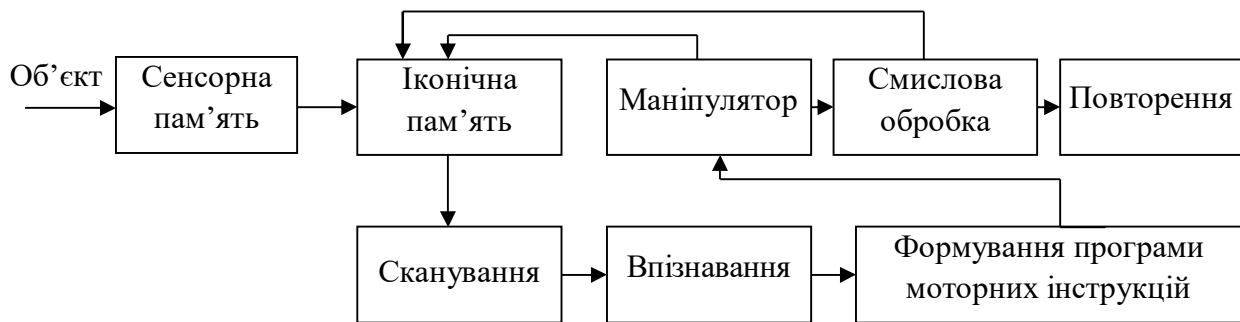


Рисунок 7 – Інформаційна підготовка рішення

Перехід інформації з одного блоку в іншій у ряді випадків відповідає й зміна термінів, у яких суб'єкт оперує вхідною інформацією.

Ухвалення рішення.

Слід розрізняти ухвалення рішення як процес і як продукт переробки інформації людиною.

Ухвалення рішення спрямоване на дозвіл проблемних ситуацій і містить у собі ряд операцій:

- 1 – трансформація образів;
- 2 – пошук у пам'яті;
- 3 – логічні операції тощо.

Залежно від способу й завдань, ухвалення рішення, час і інші показники переробки інформації можуть коливатися в широких межах.

6.3 Психічний зміст і структура переробки інформації людиною в процесі діяльності

Основні закономірності:

1. У переробці інформації протікають два процеси:

а) цілеспрямоване перетворення інформації, що забезпечує основне завдання діяльності;

б) образні перетворення, що забезпечують готовність до перемикання на додаткове завдання діяльності.

2. Одне й те ж завдання людина може вирішувати різними способами, тобто за допомогою різних алгоритмів перетворення інформації залежно від: числа повторень завдань даного типу (фактор навчання); можливої різноманітності релевантних сигналів; сили сигналів, їх значимості й характеру розподілу ймовірностей їх появи; специфічної й неспецифічної напруженості.

3. Залежно від факторів другого пункту періодично відбуваються якісні перебудови процесу переробки інформації.

4. Найбільш зручним для опису структури переробки інформації є операційно-психологічний метод опису діяльності людини. Цей метод розробив Г. М. Зараковський.

Згідно цього методу процес переробки інформації схематично можна представити в такий спосіб і здійснюється за допомогою двох каналів пасивного й автоматизованого.

В основі пошукового каналу лежать формування й гальмування умовних рефлексорних зв'язків. Механізм автоматизованого замикання включає міцно закріплені безумовні й умовні рефлекси.

ТЕМА 7 СТРУКТУРА Й ФУНКЦІЇ АНАЛІЗАТОРІВ

7.1 Загальні характеристики аналізаторів людини

Фізіологічною основою формування перцептивного образу є робота аналізаторів. *Аналізаторами* називають нервові «прилади», за допомогою яких здійснюється аналіз і синтез подразників.

Основними аналізаторами є: зоровий, слуховий, смаковий, нюховий, кінестетичний, тактильний, вісцеральний.

Будь-який аналізатор складається із трьох частин: рецептора, нервових шляхів, що проводяться і центру в корі більших півкуль головного мозку.

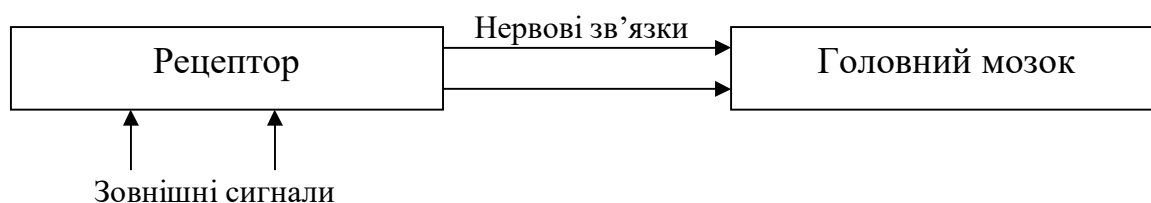


Рисунок 8 – Функціональна схема аналізатора

Основною функцією рецептора є перетворення діючого подразника в нервовому процесі. Це дозволяє розглядати рецептор, як пристрій кодування інформації. За ознакою розташування в тілі рецептори розділяють на дві групи: екстерорецептори та інтерорецептори.

По способу роздратування рецептори розділяють на хеморецептори й механорецептори. Механізм збудження будь-яких рецептів пов'язаний зі зміною поверхні мембрани в клітках.

Хеморецептором називається іонна проникність, яка змінюється за рахунок взаємодії хімічних речовин на поверхні мембрани, а в механорецепторів за рахунок деформації.

Інформація про інтенсивність подразника кодується частотою імпульсу й числом збуджених рецепторів.

Провідні нервові шляхи здійснюють передачу нервових імпульсів у кору головного мозку. Ці імпульси, досягнувши кори головного мозку, зазнають там певної обробки й знову вертаються в рецептори. У процесі взаємодії рецепторів з корою більших півкуль головного мозку відбувається формування чутливого первинного образу.

Основними характеристиками будь-якого аналізатора є пороги збудження. Визначають наступні види порогів: абсолютні, диференціальні, оперативні.

Поняття кожного із цих порогів може бути введене стосовно енергетичних, просторовими характеристиками сигналів.

Мінімальна величина подразника, що викликає тільки-но помітне відчуття, називається нижнім абсолютним порогом. Величина зворотна нижньому абсолютному порогові називається чутливістю. Максимально припустима величина подразника викликає болючі відчуття – верхній абсолютний поріг.

Інтервал між верхнім і нижнім абсолютним порогом називається діапазоном чутливості аналізатора.

Диференціальний поріг – мінімальна відмінність між двома подразниками, що викликає тільки-но помітна відмінність відчуттів. Величина диференціального порогу обернено пропорційна вихідній величині відмінності.

Оперативний поріг розрізнення – найменша величина відмінності між подразниками або сигналами, при якій точність і швидкість різні і яка досягає максимуму.

Зазвичай оперативний поріг розрізнення в десять – п'ятнадцять раз більше диференціального.

Розглянуті характеристики аналізатора дозволяють сформулювати загальні вимоги до сигналів подразника:

- інтенсивність повинна відповідати середнім значенням діапазону чутливості аналізатора, яка забезпечує оптимальні умови для приймання й переробки інформації;

- для того щоб оператор міг стежити за зміною сигналу, порівнювати їх між собою по інтенсивності, тривалістю просторового положення, необхідністю забезпечувати відмінність між сигналами, що перевищує оперативний поріг;

- перепади між сигналами не повинні значно перевищувати оперативний поріг, тому що великі перепади приводять до змін тиску. Перепади між сигналами повинні розташовуватися в оптимальній зоні, у якій відмінності між сигналами здійснюються з найбільшою швидкістю й точністю; найбільш важливі й відповідальні сигнали слід розташовувати в тих зонах сенсорного поля, які відповідають ділянкам рецепторної поверхні з найбільшою чутливістю;

- при конструюванні індикаторних дій необхідно правильно обирати вид сигналу, а, отже, і модальність аналізатора.

7.2 Зоровий аналізатор

Призначення зорового аналізатора – це приймання й аналіз інформації у світловому діапазоні (400–760 нм). Людина – оператор близько 90 % усієї інформації одержує через зоровий аналізатор. Будова ока показана на рисунку 7.2. Світло, проходячи через отвір у райдужній оболонці 1, яке називається зіницею 2, що має діаметр 2–8 мм, переломлюється роговицею 3 і

кришталиком 4. У результаті на сітківці 5, що вистилає внутрішню поверхню очного яблука, утворюється чітке зображення зовнішніх об'єктів. У сітківці за допомогою фоторецепторів (паличок і колбочок) зображення перетвориться в біоелектричні сигнали. У місці виходу з ока зорового нерва 6 (рис. 7.2), називаного сліпою плямою, фоторецептори відсутні й відчуття світла не виникає. Розміри сліпої плями $5,5^\circ$ по горизонталі й $7,5^\circ$ по вертикалі. Розташоване воно між 12 і 18° скроневої половини поля зору із центром на 15 , при цьому $2/3$ плями розташовуються нижче горизонтальної лінії, а $1/3$ – вище неї.

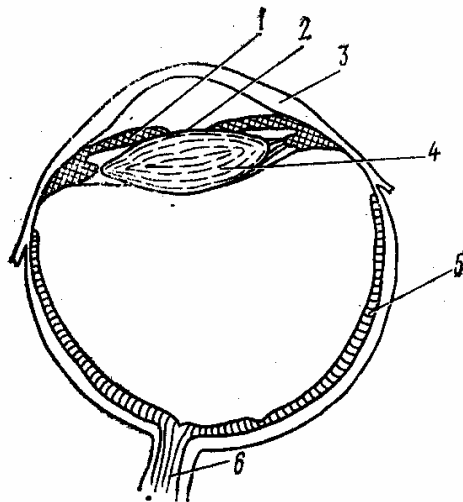


Рисунок 7.2 – Будова ока

Зорова система людини має механізми, що забезпечують її настроювання відповідно до зовнішніх умов: напрямок ока на сприйманий об'єкт здійснюється за допомогою окорухових м'язів, різке зображення на сітківці рівновіддалених об'єктів виходить завдяки змінам кривизни кришталика, кількість світла, що попадає в око, регулюється діаметром зіниці, при значних змінах яскравості сприйманих об'єктів змінюється чутливість фоторецепторів (процес адаптації). У результаті адаптації око пристосовується до зміни рівня освітленості об'єкта.

Розрізняють наступні характеристики зорового аналізатора.

Акомодація – процес фокусування кришталика на близькі або далекі предмети. Об'єкти, розташовані на відстані 6 метрів і далі від спостерігача, перебувають по суті в оптичній нескінченності, і фокусування на ці об'єкти не вимагає акомодації.

Конвергенція, тобто акт націлювання обох очей на одну крапку, є спільною функцією очних м'язів і кришталика. Середній час, необхідний для націлювання очей і їх фокусування на нову крапку, зміщену на деяку відстань, рівна приблизно 165 мсек. Ця дія називається фіксацією й рефіксацією. Середня тривалість фіксацій (наприклад, при читанні) становить близько 200 мсек. На відстанях, що перевищують 6 м, час конвергенції, необхідної для фіксації очей на об'єкті, настільки малий, що його можна не брати до уваги.

Поле зору – простір, усі точки якого одночасно видні при нерухливому погляді.

Енергетичні характеристики зорового аналізатора визначаються потужністю (інтенсивністю) світлових сигналів, сприйраних оком. До них ставляться: діапазон яскравостей, контраст, кольоровідчуття.

Види контрасту: прямий (предмет темніше фону), зворотний (предмет яскравіше фону).

Оптимальна величина контрастності 0,6–0,95.

Граничний контраст в 10–15 разів менше оптимального. Найважливішою характеристикою зорового аналізатора є його пропускна здатність по переробці інформації. Якщо розглядати пропускну здатність на рівні рецепторів, то її величина рівна $5,6 \cdot 10^9$ двійкових од.

Якщо розглядати пропускну здатність на рівні кори головного мозку, то вона рівна 20–75 двійкових од/с.

Якщо розглядати пропускну здатність аналізатора, то вона рівна 2–4 двійкових од/с.

Гострота – мінімальний кут, під яким дві точки видно як роздільні. Одиниця виміру кута зору рівний однієї хвилині, відповідає одиниці гостроти зору.

Гострота зору є кількісною характеристикою абсолютного просторового порога сприйняття. Оперативний поріг рівний куту 15 хв.

Пристосованість ока до світла характеризується латентним періодом. Латентний період – проміжок часу від моменту подачі сигналу до моменту виникнення відчуття.

Є ахроматичне поле зору й хроматичне поле зору:

- ахроматичне – за допомогою паличок;
- хроматичне – колбочками.

Критична частота мелькання – мінімальна частота проблисків, при якій виникає злитий вплив.

Кутова швидкість – для водія виступає в ролі умовного подразника, який сигналізує про небезпеку сприйманого об'єкта.

Поріг сприйняття кутової швидкості рівний 1–2 кутові хвилини в секунду.

Відмінність в умовних швидкостях руху двох крапок водій може помітити, якщо ці кутові швидкості відрізняються по величині не менш, ніж на 15–20 хв.

7.3 Слуховий аналізатор

Призначення слухового аналізатора – приймання й аналіз сигналів, переданих коливаннями пружного середовища в діапазоні 16–20 000 Гц (звуковий діапазон). Будова вуха людини зображена на рисунку 7.3.

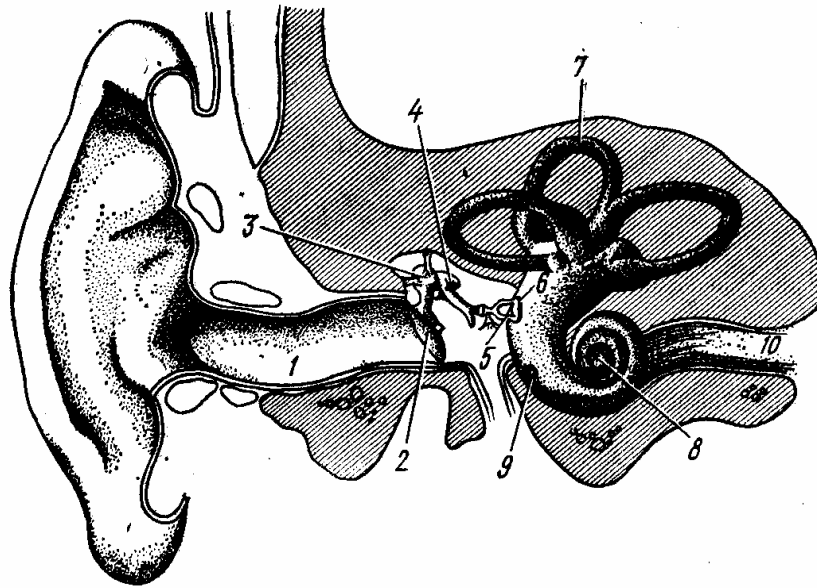


Рисунок 7.3 – Будова вуха

1 – слуховий прохід; 2 – барабанна перетинка; 3 – молоточок;
 4 – ковадло; 5 – стремінце; 6 – овальне вікно; 7 – напівкругні канали;
 8 – равлик; 9 – кругле вікно; 10 – слуховий нерв

Коливання зовнішнього середовища (повітря) через слуховий прохід 1, що виконує роль резонатора, що й охороняє внутрішні частини вуха, діє на барабанну перетинку 2, яка через з'єднані між собою кісточки: молоточок 3, ковадло 4 і стремінце 5 передає коливання внутрішньому вуху. У процесі передачі початковий тиск зростає приблизно в 90 разів. За овальним вікном 6 коливання поширюються в рідини, що заповнює равлик, викликають коливання основної мембрани, що розділяє равлик на дві частини, і в органі котрі перетворюються в електричні сигнали, передані по слуховому нерву 10 у мозок.

У середньому вусі є м'язи, що охороняють вухо від ушкоджень при занадто сильних звуках шляхом компенсації підвищеного зовнішнього тиску за рахунок впливу на молоточок, ковадло, стремінце й барабанну перетинку.

Вплив звукових сигналів на звуковий аналізатор визначається рівнем звукового тиску (Па). Інтенсивність (сила) звуку ($\text{Вт}/\text{м}^2$) визначається щільністю потоку звукової енергії (щільністю потужності).

Для характеристики величин, що визначають сприйняття звуку, істотними є не стільки абсолютні значення інтенсивності звуку й звукового тиску, скільки їх відношення до граничних значень ($J = 10\text{-}12 \text{ Вт}/\text{м}^2$ або $P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$). У якості таких відносних одиниць виміру використовують децибелі (дБ):

$$L = 10 \lg \frac{J}{J_0} = 20 \lg \frac{P}{P_0},$$

де J і P – відповідно інтенсивність і рівень звукового тиску;

J_0 й P_0 – їх граничні значення.

Вище граничного рівня інтенсивності лежить область слухового сприйняття звукових сигналів. При рівні 120 дБ звук стає дискомфортним, при 130 дБ викликає неприємне відчуття. Верхньою межею слухового поля є *порог болючого відчуття*, що мало залежить від частоти й близький до 140 дБ.

Гучність – суб’єктивне враження від впливу звукових коливань на орган слуху, що залежить насамперед від інтенсивності звуку (або звукового тиску). Другим фактором, що визначають суб’єктивне відчуття гучності, є частота. Експериментально вдається підібрати звуки різних частот та інтенсивностей, оцінювані суб’єктивно як рівні по гучності, тобто побудувати *криві рівної гучності* (рис. 7.4). За одиницю рівня гучності прийнятий фон. Рівень гучності у фонах якого-небудь звуку визначається шляхом суб’єктивного порівняння гучності даного звуку з гучністю стандартного тону ($f = 1000$ Гц), для якого *рівень інтенсивності в децибелах умовно прийнятий за рівень гучності у фонах*.

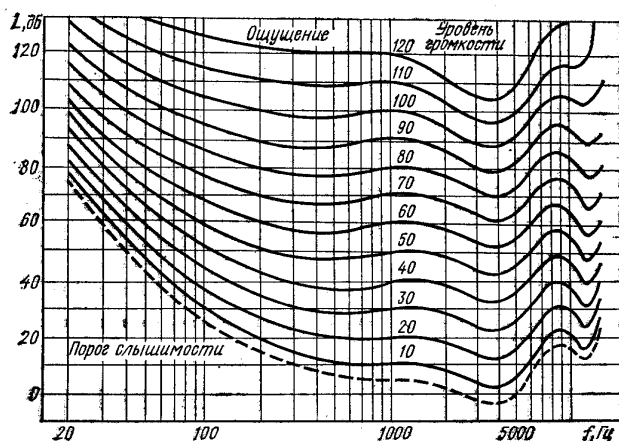


Рисунок 7.4 – Криві рівних гучностей

Відмінність між рівнем гучності (фон) і рівнем інтенсивності звуку (дБ) тим більше, чим нижче його частота (починаючи з 500 Гц) і слабкіше звук. У міру підвищення інтенсивності звуку криві рівної гучності вирівнюються, наближаючись до горизонтальних. Тому при рівнях гучності 80 фон й вище гучність звуку визначається головним чином його інтенсивністю й мало залежить від частотної характеристики.

Шкала рівнів гучності у фонах є шкалою порівняння з еталонами. По ній можна визначати умови, при яких звуки різних частот будуть чутні як рівногучні, однак не можна кількісно порівнювати різні гучності. Для цієї мети використовують натуральну (суб’єктивну) шкалу гучності в сонах. 1 сон – це гучність звуку, рівна гучності тону 1000 Гц при рівні інтенсивності 40 дБ над порогом (приблизно відповідає гучності шепоту на відстані 0,3 м). Відношення гучностей двох звуків у снах показують, по скільки разів один з них суб’єктивно сприймається голосніше іншого.

7.4 Руховий аналізатор

Усяка дія – це рух, що переслідує певну мету. Велике значення для здійснення рухів має руховий апарат і його складові частини – рухові одиниці. Руховий апарат людини складається з костей кістяка, м'язів і вивідних нервових шляхів.

Рухова одиниця складається з декількох м'язових волокон і нервової клітки, яка їх збуджує. Нервові клітки називають також *нейронами*, нейрони рухових одиниць – *мотонейронами*.

Нервова клітка складається з тіла, ядра, декількох коротких і одного довгого відростка. Розмір тіла кліток коливається від 1 до 150 мк, довжина деяких відростків може досягати метра. Тіло нейрона називають також самої, короткі відростки – дендритами, довгі – аксонами. Тіло і ядро складаються з рідкої гелеобразної рідини (протоплазми), захищеної зовні шаром плотновпакованих молекул, які називають мембраною. Дендрити сприймають подразнення, а аксони переднім його наступним нейронам. Послідовно з'єднані нейрони утворюють провідний нервовий шлях.

Основною функцією нейрона є передача збудження – *струму дії*, що представляє собою швидке коливання різниці потенціалів між зовнішньою поверхнею клітки й протоплазмою.

Причиною виникнення потенціалу дії є зміна іонної проникності мембран під впливом подразників і перехід іонів з міжклітинної рідини через мембрану в протоплазму.

Серію потенціалів дії, швидкопротікаючу по нейрону, називають *біострумом*. Швидкість біоструму V залежить від діаметра аксона D і змінюється від 1 до 100 м/сек за законом:

$$v = k\sqrt{D},$$

де k – коефіцієнт пропорційності.

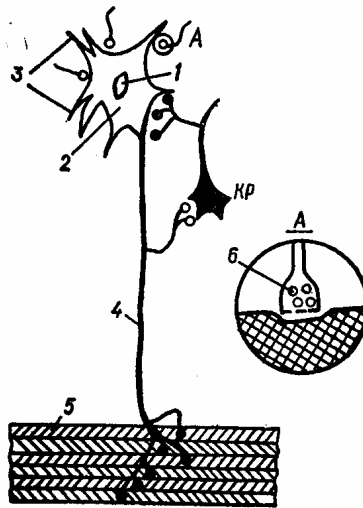


Рисунок 11 – Будова рухової одиниці:

1 – ядро; 2 – тіло мотонейрона; 3 – дендрити; 4 – аксон;
 5 – м'язові клітки; 6 – пухирці з медіатором; Д.О.Р – клітка Реншоу;
 білі кружки – збудливі синапси; чорні – те ж, що гальмують

Нейрони проводять збудження тільки в одну сторону – від дендрита до аксона. Тому збудження від м'язів і органів людини до ЦНС поширюється по одним нейронам, а у зворотному напрямку – по інших.

Максимальна кількість імпульсів, яка може бути відтворена кліткою в 1 сек, називається *лабільністю*. Для нервової клітки лабільність становить близько 1000, для м'язової – 200 імпульсів.

Аксон на кінці розгалужується на тонкі волоконця, які мають стовщення в місцях контакту з наступними нейронами. Ці стовщення називають синапсами, а у випадку контакту з м'язовим волокном – кінцевими пластинами.

Порушення від нейрона до нейрона або до м'язової клітки передається за допомогою спеціальної хімічної речовини (медіатора), що виділяється з пухирців, що перебувають у синапсі. Медіатор викликає зміну проникності мембрани наступного нейрона або м'язової клітки, що приводить до появи в них потенціалу дії. Кількість медіатора, що виділяється, прямо пропорційно амплітуді потенціалу дії.

Кожний синапс змінює потенціал спокою наступної клітки на 0,5 мв. Для розвитку потенціалу дії в наступній клітці необхідно близько 10 мВ, тобто одночасний вплив 20 синапсів. Величину мембранного потенціалу, при досягненні якого в клітці виникає потенціал дії, називають *порогом збудження*.

У руховому апараті людини є синапси, які виділяють такий медіатор, який зменшує проникність мембрани й гальмує розвиток потенціалу дії. Наступні клітки підсумують збудливі й гальмуючі впливи по площі тіла клітки й у часі. Потенціал дії розбудовується у випадку тривалого перевищення збудливих впливів над гальмуючими. У руховому апараті гальмуючі впливи виявляють спеціальні клітки Реншоу (рис. 7.5) зворотні зв'язки, що утворюють, за допомогою яких регулюється частота імпульсації нейрона. При досягненні граничної частоти імпульсації нейрона інформація про характер подразника

передається залученими в роботу сусідніми нейронами. У цьому випадку інформація кодується числом збуджених кліток.

У руховому апараті збудження з мотонейронів передається на м'язові клітки, які, розтягуючись або скорочуючись, роблять роботу. Об'єднання м'язових волокон утворює м'яз.

М'язові клітки рухового апарата мають складну структуру. У середині м'язової клітки (поперечносмугасте м'язове волокно) перебуває кілька ядер і скорочувальні нитки – міофібрили, у яких чергуються темні й світлі ділянки, що надають цим ниткам поперечну смугастість.

У міофібрилах можна виділити основний матеріал – волоконця. Розрізняють тонкі (діаметром до 40 А) і товсті волоконця. Тонкі нитки складаються з актину, товсті – з міозину. Тонкі нитки входять у проміжки між товстими, утворюючи телескопічне з'єднання. При розтяганні система тонких ниток висувається із проміжків між товстими нитками, при стиску – скорочується.

М'язове волокно скорочується внаслідок деполяризації його поверхневої мембрани при впливі на неї мотонейрона. Основним джерелом енергії для скорочення волокна служить розпад аденозинтрифосфornoї кислоти (АТФ). Відновлення АТФ відбувається в період розслаблення м'язового волокна завдяки енергії розпаду й окиснення киснем вуглеводів (глікоген, виноградний цукор). Для відновлення енергії потрібен час. Тому між окремими операціями доцільно влаштовувати мікропаузи 30–40 сек. Якщо цих пауз нема, то м'яз починає витрачати запаси, працює в борг і швидко утомлюється.

Динамічною роботою вважається робота м'язів, що приводить до зміни взаєморозположення кістякових ланок, до яких ці м'язи прикріплені. У процесі статичної роботи цих змін (наприклад, підтримка робочої пози, утримання вантажу на витягнутій руці) не відбувається.

Залежно від швидкості скорочення м'язові волокна ділять на: що швидко скорочуються (білі), що й повільно скорочуються (червоні). Білі волокна швидко утомлюються й служать для динамічної роботи, червоні – для статичної.

7.5 Тактильний (шкірний) аналізатор

Шкірний аналізатор забезпечує сприйняття дотику (слабкого тиску), болі, тепла, холоду й вібрації. Для кожного із цих відчуттів (крім вібрації) у шкірі є специфічні рецептори або їх роль виконують вільні нервові закінчення.

Кожна мікроділянка шкіри має найбільшу чутливість до тих подразників(сигналів), для яких на цій ділянці є найбільша концентрація відповідних рецепторів. Тому можна виділити на шкірі точки й ділянки з вибірковою чутливістю до дотику, болю, тепла, холоду.

Вплив у цих точках навіть неспецифічним, але досить сильним подразником незалежно від його характеру викликає специфічне відчуття, обумовлене типом рецептора. Наприклад, інтенсивний тепловий промінь, потрапляючи в точку болі, викликає відчуття болю, а не тепла. У той же час завдяки взаємозв'язку між нервовими закінченнями в шкірі підвищення

інтенсивності подразника в одному місці викликає поширення подразника й може викликати реакцію інших, менш чутливих місць. При цьому поряд з первісним відчуттям у даній точці виникають і інші відчуття.

Чутливість до дотику (тактильна) проявляється при деформації шкіри під тиском зовнішнього впливу. Відчуття виникає тільки в момент деформації, тобто при русі подразника, і зникає, як тільки швидкість руху падає до нуля.

Абсолютний поріг чутливості до сили подразника залежить від місця його прикладення, швидкості руху, функціонального стану рецептора. Відчуття дотику виникає вже при деформації одного волоска. При безпосередньому впливі на шкіру поріг вимірюється в одиницях тиску (Па).

Чутливість тактильних рецепторів непостійна в часі, спостерігається «мерехтіння», тобто спонтанні зміни порогу.

Абсолютний поріг просторової чутливості (розв'язна здатність) в основному визначається щільністю рецептарів на тій чи іншій ділянці шкірної поверхні. При послідовному впливі одиночних подразників помилка в локалізації коливається в межах 2–8 мм. При одночасному впливі у двох точках пороги залежать від місця прикладення подразника.

При ритмічних послідовних дотиках до шкіри кожне з них сприймається як роздільне, поки не буде досягнута *критична частота* $f_{кр}$, при якій відчуття послідовних доторкань переходить у специфічне відчуття *вібрації*. У залежності від умов і місця роздратування $f_{кр} = 5 \div 20$ Гц.

При $f \geq f_{кр}$ від аналізу власне тактильної чутливості переходять до аналізу вібраційної.

Вібраційна чутливість, на думку більшості дослідників, обумовлена тими ж рецепторами, що й тактильна, тому топографія розподілу вібраційної чутливості по поверхні тіла аналогічна тактильній.

Частотний діапазон вібраційної чутливості 5 – 12000 Гц. Максимальна чутливість спостерігається при $f = 200\text{--}300$ Гц. У цьому випадку гранична амплітуда вібрації мінімальна й рівна 1 мкм. При більших і менших частотах гранична амплітуда збільшується. Диференціальний поріг розрізнення частоти вібрації становить 5–10 %.

Шкірна чутливість до болю обумовлена впливом на поверхню шкіри механічних, теплових, хімічних, електричних і інших подразників.

Болючий поріг при механічному тиску на шкіру вимірюється в одиницях тиску й залежить від місця вимірів.

Сприйняття шкірою температурних впливів залежить від її власної температури.

Коли певна область шкіри адаптується (стає нечутливою) до зовнішньої температури, говорять, що температура середовища перебуває на *фізіологічному нулі*, який для різних областей шкіри може бути досягнутий при температурах середовища між 12–18 °С та 41–42 °С.

Температура середовища не відчувається не тільки в точці фізіологічного нуля, але й у межах так званої *нейтральної зони* – в інтервалі $1\text{ }^{\circ}\text{C} - 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Близько точки фізіологічного нуля.

Нормальна температура шкіри, відповідна до нейтральної зони (при звичайних умовах середовища), становить $32,5\text{ }^{\circ}\text{C} - 33,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

ТЕМА 8 ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ СТАН ЛЮДИНИ

8.1 Функціональний стан людини

Функціональний стан – це найменший набір чисел, який необхідно створити в цей момент, щоб можна було в рамках математичного опису систем передбачити її поведінку в майбутньому.

Функція – це призначення системи.

Щоб передбачити Y потрібно задати X і q .

Слід розрізняти функціональний стан органів, систем органів, організму й людини.

Функціональний стан людини (оператора) – це комплекс наявних характеристик тих функцій і якостей оператора, які прямо або побічно обумовлюють виконання трудової діяльності (трудових функцій). Це визначення проводить грань між станом людини й станом його окремих фізіологічних і психофізіологічних функцій.

Для того, щоб судити про функціональний стан людини необхідно мати дані про показники, що характеризують стан його організму й про результати виконання трудових функцій.

Розрізняють здви́г й зміну стану.

Здви́г стану – будь-яке відхилення досліджуваних інтегральних або особистих характеристик від стану, прийнятого за початок відліку. Якщо ж здви́г стану веде до зміни якості діяльності, то говорять про зміну стану.

Розрізняють наступні стани:

- монотонії;
- напруженості;
- стресу.

Ці стани різняться по динаміці психофізіологічних функцій і якості діяльності.

8.2 Працездатність людини. Фази працездатності

Зміна функціонального стану людини відбувається в кілька фаз, які позначаються як фази працездатності.

Працездатність – одна з важливих інтегральних характеристик функціонального стану людини, яка визначається як здатність людини з найменшими витратами зберігати заданий рівень діяльності для досягнення мети або розв'язання поставленого завдання. Зміна працездатності залежить від

умов трудової діяльності й підкоряється фізіологічним закономірностям у процесі праці. Працездатність у значній мірі пов'язана з оптимальним і екстремальним регулюванням в організмі людини, які мають різний рівень мобілізації його резервних можливостей. Межа цих можливостей виявляється лише при стресі, коли включається екстремальний рівень регуляції.

Розрізняють наступні фази працездатності:

- 1 – мобілізації;
- 2 – первинної реакції;
- 3 – гіперкомпенсації;
- 4 – компенсації;
- 5 – субкомпенсації;
- 6 – декомпенсації;
- 7 – зриву або перенапруги.

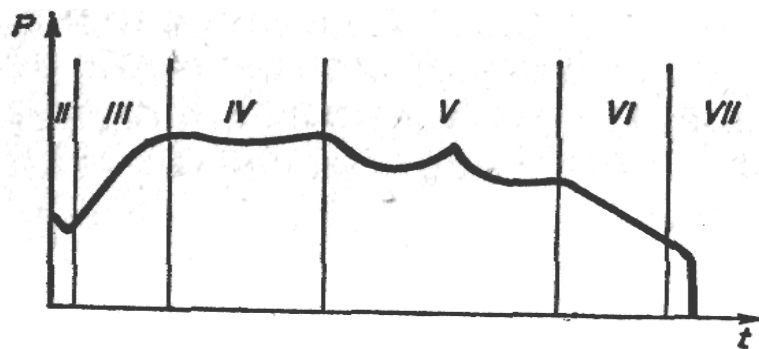


Рисунок 12 – Динаміка працездатності P залежно від тривалості роботи t (цифри над кривою – номери фаз працездатності)

1) *фаза мобілізації* – організм мобілізується, людина обмірковує майбутню роботу, збільшується частота серцебиття, поглиблюється дихання;

2) *фаза первинної реакції* – характеризується деяким зниженням усіх показників. Фізіологічний механізм цієї фази пов'язаний із зовнішнім гальмуванням, що виникають у результаті зміни характеру подразника. Ця фаза короткочасна;

3) *фаза гіперкомпенсації* – займає початковий період роботи. У цій фазі пристосування людини до найбільш економічного, оптимальному режиму виконання даної функції. У цій фазі немає точної відповідності реакції організму величині навантаження. Організм реагує на навантаження з більшою силою, чим це необхідно;

4) *фаза компенсації* – оптимальний режим роботи. Показники функціонального стану стабільні. Ефективність праці максимальна;

5) *фаза субкомпенсації* – рівень фізіологічної реакції знижується, необхідна якість роботи підтримується за рахунок ослаблення менш важливих функцій. Компенсація здійснюється за рахунок процесів менш вигідних енергетично й функціонально;

б) *фаза декомпенсації* – у цій фазі погіршуються показники фізіологічних систем. Фаза субкомпенсації й декомпенсації поєднується під загальною назвою фази стомлення;

7) *фаза зриву* – значний розлад регулюючих механізмів, неадекватність реакцій, різке падіння працездатності, зміни, що виникли, у роботі фізіологічних систем, усе це вимагає тривалого відпочинку, а іноді й лікування.

Якщо робота закінчена четвертою фазою, то перед її закінченням виникає фаза кінцевого пориву, яка характеризується підвищенням працездатності.

При впливі на людину виділяють такі фази:

- фаза адекватної мобілізації;
- фаза функціонального комфорту;
- фаза динамічної неузгодженості.

Характерною рисою адекватної мобілізації є наявність лінійного зв'язку між зрушеннями функціональних станів організму людини або систем організму.

Порушення лінійності свідчить про розвиток фази динамічної неузгодженості. У цьому стані ефективність і надійність максимальні. Цей стан називається станом функціонального комфорту.

8.3 Емоційний стан. Емоційна напруга й емоційна напруженість

Стан, викликаний переживаннями людини, його відношенням до зовнішнього світу й до самого себе називається *емоційним станом*.

Стан емоційного відношення характеризує ступінь мобілізації функцій організму для найбільш успішного виконання тієї або іншої діяльності й пов'язані з вольовим актом, спрямованим на цю діяльність. Стану емоційної напруженості відповідають фази адекватної мобілізації.

Емоційне збудження – визначає висоту збудження того чи іншого стану.

Розвиток емоційних станів розділяється двома групами факторів: зовнішніх і внутрішніх.

Базові функції організму – функції, які навіть не беруть участь безпосередньо в робочому процесі, однак вони забезпечують цей робочий процес і характеризують загальну спрямованість регуляторних процесів організму.

Специфічні функції включають усі ті психологічні й фізіологічні функції, які безпосередньо пов'язані з даним видом діяльності.

З базових функцій для характеристики функціонального стану найчастіше розглядаються показники систем кровообігу й систем дихання.

По частоті дихання оцінюються витрати:

$$\Delta \mathcal{E} = 0,0785(C - C_o)S,$$

де C – частота дихання в процесі роботи;

C_o – частота дихання в оперативному спокої;

S – площа тіла людини залежить від росту й ваги людини.

Зміну емоційного стану можна описати з використанням систем диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} d(W - W_n) / dt = (H_2 - H_{2n}) + K_2(W - W_n) \\ d(H_2 - H_{2n}) / dt = K_3(H_2 - H_{2n}) + K_4(W - W_n) \end{cases}$$

Продуктивність – якісна продуктивність.

W_n – норма продуктивності;

$$H_2 = 100 \cdot 1 / R,$$

де H_2 – психофізична діяльність людини;

R – середнє значення RR інтервалів кардіограми.

Розрізняють специфічну й неспецифічну спрямованість.

У структурі специфічної спрямованості виділяють інтенсивну й темпову, а в структурі неспецифічної напруженості виділяють:

- напруженість, обумовлену самим трудовим процесом;
- напруженість, обумовлену умовами діяльності.

Напруженість, обумовлену самим трудовим процесом, ділять на:

1. Інформаційно-психологічну.
2. Енергетичну.

Напруженість – величина зусиль, які людина повинна додавати для виконання поставленого перед ним завдання. Буває зі знаком «+» і «-».

Інтенсивна напруженість характеризує силу для перетворення інформації в активацію процесу. Забезпечує якість уваги й фізичну силу рухових реакцій.

Темпова напруженість – пов'язана із частотою надходження інформації, а, отже, зі швидкістю її обробки.

Активаційна спрямованість пов'язана з поточним інтересом до виконуваної роботи з вольовими зусиллями, які людина повинна додавати для підтримки необхідного рівня пильнування й зосередження уваги на даному виді діяльності.

Операційна напруженість – відображає психофізіологічні здвиги, які зазвичай описують як фази працездатності. Критерії її оцінки такі ж як для характеристики працездатності.

Клас енергетично-силової напруженості – відображає динамічну й статичну тяжкість роботи.

Норма напруженості стану(по серцю):

- +5–10 % від основного стану – норма;
- +10–16 % – функціональний комфорт;
- +16–20 % – напруга механізмів адаптації;
- +20–35 % – напруженість механізмів адаптації;
- >35 % – стрес і зрив;
- +0,5 % – помірна монотамія;
- 0 ÷ -5 – більша монотамія;
- 5 ÷ -10 % – надзвичайно більша монотамія.

ТЕМА 9 ПРОЄКТУВАННЯ Й АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ ЛЮДИНИ В СИСТЕМАХ СЛМ

9.1 Ергономічне забезпечення розробки систем ЛМС

Розподіл функцій між людиною й машиною.

Поділ функцій ґрунтується на обліку можливостей людини й машини їх взаємній погодженості й пошуку компромісних розв'язків.

Необхідно відзначити, що розподіл функцій між людиною й машиною представляє проблему тільки в інформаційному плані, тому що всі операції, що вимагають значних енергетичних витрат, які перевищують можливості людини, віддаються машині.

В інформаційному плані складно розробити кількісні методи й критерії для порівняння можливостей людини й машини, оскільки людина діє, а машина функціонує. Тому найбільше поширення одержали якісні методи.

Якісні методи ґрунтуються на наступних принципах:

- тільки людина, будучи соціальним компонентом системи, несе всю відповідальність за виконання завдання;
- людина належить більше різноманітних способів і програм дій у порівнянні з машиною;
- машина навіть у випадку одиночних відмов може видати абсурдний результат;
- людина вимагає певних зовнішніх і внутрішніх умов для виконання функції. При цьому якість роботи системи може бути значно вище або нижче, чим машинної;
- машина, у принципі, може забезпечити виконання конкретних операцій в даний час із заданою якістю.

Таблиця 9.1 – Розподіл функцій між людиною та машиною

Тип характеристики	Людина	Машина
1	2	3
1. Інтеграція елементів у систему	Може	В обмежених випадках
2. Має модель зовнішнього світу	Так	Немає
3. Має здатність передбачення зовнішнього світу	Так	Немає
4. Має можливість формування свого «Я»	Так	Немає
5. Чи може генерувати ідеї	Так	Немає
6. Тривалість роботи без перерви	Обмежена	Необмежена
7. Швидкість і точність обчислень	Мала	Велика
8. Швидкість реагування	Повільна й нестабільна	Швидка й стабільна
9. Міцність конструкції	Мала	Велика

Використання якісного методу не дозволить розв'язати проблему розподілу функцій за наступних причин:

1. Перелік переваг і недоліків відноситься лише до зіставлених параметрів людини й машини.

2. Існують обмеження економічного й соціального порядку.

Звичайно ті функції, які в даний час уже виконуються машиною, у майбутньому залишають за машиною.

Переваги людини:

- здатний нелогічно мислити;
- здатність передбачити розвиток подій;
- володіння моделлю зовнішнього світу;
- має можливість формувати своє «я»;
- людина може генерувати думки, ідеї.

Переваги машини:

- необмежена тривалість роботи;
- велика швидкість і точність виконання;
- велика швидкість реагування.

Звичайно ті функції, які в цей час виконуються машиною, у майбутньому залишаються за машиною. Оптимальний розподіл функцій, що залишилися, і нових виходить із призначення систем і вимог до цієї системи. Вимоги формуються математичним шляхом і виступають у ролі цільових функцій.

Основні цільові функції в ергономіці:

- мінімізація небажаних умов роботи людини при обмеженні по ефективності й припустимих витратах на створення експлуатацію систем і вимог до інших умов роботи оператора;
- максимізація ефективності систем ЛМС при заданих обмеженнях на витрати й умови роботи людини;
- мінімальні витрати на створення експлуатації систем при обмеженнях на умови роботи.

Ці вимоги формулюються у вигляді цільових функцій і вирішуються як завдання оптимізації математичними методами. Незліченну безліч варіантів розподілу функцій розглянути неможливо. Тому на практиці доводиться говорити не про оптимальний, а про раціональний розподіл функцій.

Розподіл функцій починається з попереднього розподілу, у наступній послідовності:

1) складається перелік усіх завдань і операцій, що підлягають розв'язку системою, і визначаються імовірнісні характеристики їх появи, а також особливості розв'язку;

2) для машини відбираються завдання, які успішно виконуються машиною й погано людиною (на підставі наявного досвіду).

3) увесь інший перелік операцій, що підлягають розв'язку СЛМ, класифікується по одному або декільком найважливішим характеристикам, наприклад:

- по кількості ознак виконання кожної операції залежно від умов діяльності.
- кількості можливих варіантів виконання кожної операції залежно від обстановки;
- по достовірності інформації використовуваної при виконанні операції;
- по ймовірності появи операцій у системі ЛМС;
- за припустимим часом виконання операції;
- по логічній і обчислювальній складності виконання операції.

Такий розподіл не дає остаточного розв'язку, а скорочує варіанти для послідовної оцінки. Далі використовуються спеціальні моделі.

Склад моделі при розподілі функцій: робота системи Л-М-С представлена ввиді багаторівневого процесу:

- 1 рів – рівень особистих завдань;
- 2 рів – блоків операцій;
- 3 рів – базисних операцій;
- 4 рів – психологічних операцій.

Після цього використовують модуль розподілу потоків особистих завдань, сформульованих у термінах теорії масового обслуговування й теорії розкладів.

За допомогою цієї моделі уточнюють кількість операторів, необхідних для виконання особистих завдань; визначають кількість особистих завдань, які виконують кожний з операторів і визначається послідовність виконання цих завдань.

Наступна модель сформульована в теорії графів. Ця модель визначає вимоги до машини по виконанню логічних і обчислювальних операцій, які забезпечують ефективну роботу оператора за рішенням особистих завдань. Іноді використовують інформаційні моделі на базі теорії інформації; використовується модель діяльності на рівні психологічних операцій – тут досліджуються структура й характеристики процесу діяльності експериментально-аналітичним методом, вивчаються тимчасові, точні, надійні характеристики діяльності. Цією моделлю обґрунтована вимога до інформаційного потоку, який у майбутньому буде представлятися операторові. Надалі розподіл функції уточнюється на реальній системі.

9.2 Проектування робочого місця оператора

Під робочим місцем оператора розуміється зона трудової діяльності в системі ЛМС, обладнана технічними засобами й допоміжним устаткуванням, необхідним для здійснення функцій контролю й управління системою.

Метою організації робочого місця є оптимізація умов трудової діяльності, що забезпечують максимальну ефективність і надійність роботи. Головними функціональним елементом робочого місця оператора є панелі, на яких розміщаються засоби відображення (індикації) інформації й органи управління.

Залежно від основних функцій, виконуваних операторами за допомогою панелей, робочі місця класифікуються в такий спосіб:

1) оперативного управління (призначене для розв'язку завдань управління, видачі команд, розпоряджень тощо);

2) інформаційно-довідкове (служить для запиту й одержання довідок, а також для формування, передачі й приймання символічної й графічної інформації);

3) ручного введення інформації (призначене для оперативного введення символічної або графічної інформації);

4) функціонально-технологічного контролю (забезпечує оперативний функціональний контроль над справністю технічних засобів і каналів зв'язків в автоматизованих системах керування;

5) програміста ЕОМ (служить для зв'язку оператора з ЕОМ, а також для налагодження машинних програм);

– комбіновані (являє собою робоче місце змішаного типу зі сполученням функцій).

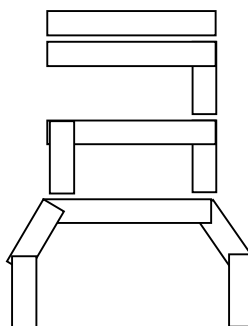
Залежно від конструкції робочого місця може мати наступні форми:

1) прямолінійна;

2) Г-образні;

3) П-образні;

4) трапецеїдальна тощо.



Базова конструкція повинна бути єдиною, що дозволяє нарощувати додаткові пристрої й формувати нові робочі місця. Технічні засоби, що визначають склад робочого місця, підрозділяються на кілька груп. Основні з них – засоби відображення й засоби керування. Крім того можуть бути: засоби зв'язку; пристрою живлення; засоби відображення інформації; засоби сигналізації тощо.

Загальні ергономічні вимоги до робочого місця оператора:

- достатній робочий простір;
- достатні фізичні, зорові й слухові зв'язки між операторами й устаткуванням;
- оптимальне розміщення устаткування;
- чітке позначення органів управління, індикаторів та інших компонентів;
- необхідно природне й штучне освітлення;
- оптимальний розподіл яскравості в полі сприйняття;
- припустимий рівень акустичного шуму й вібрації (не повинні перевищувати норми);

– достатня простота й швидкість складання й розбирання устаткування на робочому місці;

- виключення можливості неправильної установки, заміни й монтажу блоків, кабелів і роз'єми;
- наявність необхідних інструкцій і попереджувальних знаків;
- необхідні опори й підставки для тимчасового розміщення вийнятих блоків або елементів устаткування;
- надійна індикація для випадків відмови електроживлення й устаткування;
- наявність необхідних засобів захисту операторів від радіаційної, термічної, токсичної, електромагнітної й інших небезпек.

При конструюванні робочого місця впливає:

- 1) передбачати заходи, що знижують стомлення оператора, запобігаючи виникнення стресу;
- 2) конструкція повинна забезпечувати швидкість, безпеку, простоту й економічність технічного устаткування в нормальних і аварійних умовах;
- 3) повинна враховувати антропометричні й біомеханічні дані.

Зона максимальної досяжності людини рівна 700 мм, а зона оптимальної досяжності рівна 340 мм. Органи управління потрібно групувати по функціях, по сумісності дій. Значимі органи управління необхідно розміщати в оптимальній зоні досяжності. Слід забезпечувати відповідність між переміщуваними органами управління й видаваним ними ефектом. Органи управління повинні чинити певний опір зовнішньому впливу. Руки не повинні бути перевантажені. На пульті управління повинне використовуватися колірне кодування: червоні лінії шириною 4–5 мм виділяють різні функціональні групи приладів. Червоні кольори використовуються для оповіщення про відмови, помилки тощо. Миготливий червоний колір частотою 3–5 Гц – для позначення аварійних ситуацій. Жовтий колір – для граничних ситуацій. Жовтий миготливий – для оповіщення про можливість розвитку граничних ситуації. Зелений – нормальна ситуація. Білий – вказує на стандартний робочий стан системи. Чорний і сірий – фарбуються органи управління.

Істотне значення при конструюванні пульту має вимогу, яка пред'являється до засобів відображення інформації, а саме:

- інформація повинна подаватися вчасно;
- інформація повинна відображатися тільки з тим ступенем точності й з такою деталізацією, яка потрібна операторові для виконання функцій;
- інформація повинна відображатися у формі придатної для використання;
- інформація повинна відображатися в досить наочній формі;
- інформація повинна вказувати не тільки стан об'єкта, але й підказувати можливі шляхи розв'язку завдань;
- інформація повинна розміщатися на табло в межах 45 градусів, оптимальна зона становить 30 градусів;

– оператори повинні розміщатися відносно один одного на 700-500 мм, така ж відстань повинна бути між рядами пультів. Кожне наступне місце повинне розташовуватися на 130 мм вище.

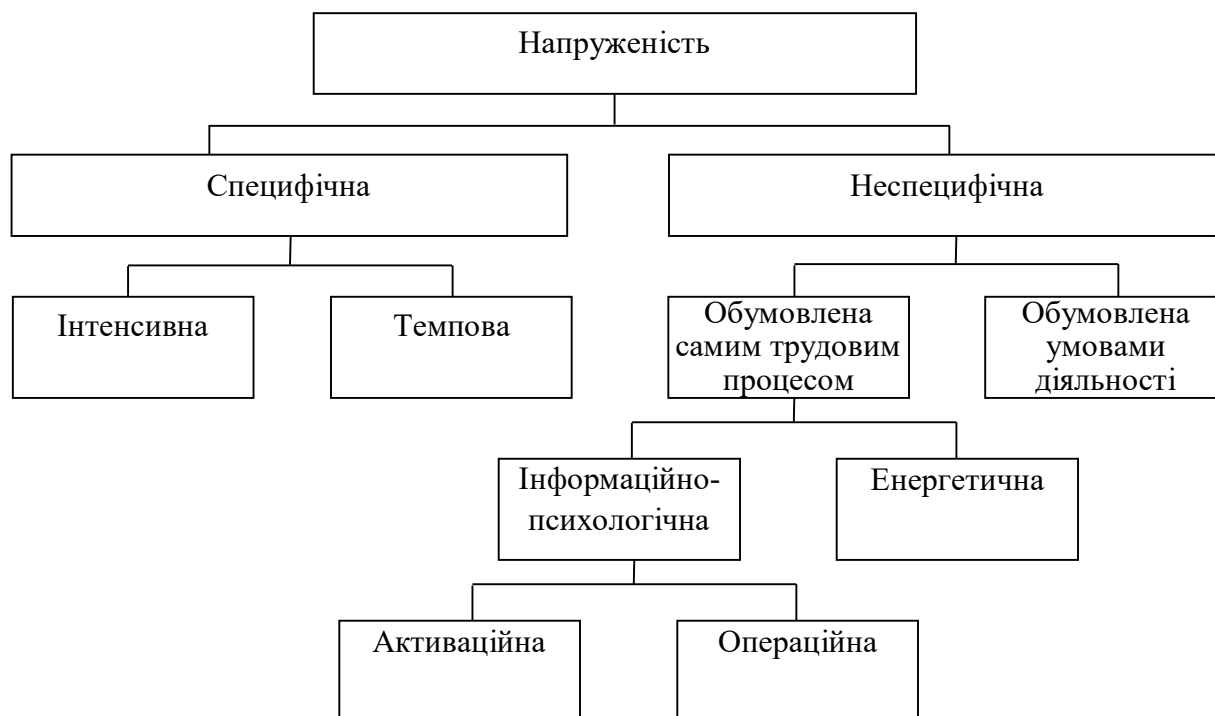


Рисунок 13 – Класифікація напруженості

ТЕМА 10 ЕРГОНОМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

10.1 Загальні положення

Під *організацією дорожнього руху* зазвичай розуміється процес упорядкування взаємодії водіїв з дорогою, транспортним потоком і природним середовищем. Організація дорожнього руху має два аспекти: динамічний і статичний. З одного боку – це процес, а з іншого – це система заходів, спрямованих на впорядкування обстановки руху, і правил, якими керуються водії й пішоходи під час руху.

Упорядкування обстановки руху спрямоване на розв’язок ряду завдань: технічних, економічних, біологічних, соціальних, ергономічних, юридичних і прогнозних.

Технічні завдання спрямовані на вибір засобів механізації й автоматизації керування дорожнім рухом, застосування засобів облаштованості дороги, доцільного проектування мережі доріг і вулиць тощо.

Економічні завдання спрямовані на досягнення раціонального використання трудових і матеріальних ресурсів, визначення необхідних пропорцій у витратах живої й упродумованої праці, оптимізацію автомобільних перевезень.

Біологічні завдання передбачають забезпечення найбільш сприятливих умов для руху водіїв і пішоходів, збереження їх працездатності й здоров’я.

Соціальні завдання спрямовані на гармонізацію розвитку особистості учасника дорожнього руху, ріст його свідомості, дисципліни, узгодження індивідуальних і соціальних норм поведінки.

Ергономічні завдання спрямовані на комплексну оптимізацію трудової діяльності водіїв у транспортному потоці.

Юридичні завдання пов'язані із забезпеченням відповідності процесу руху чинному законодавству, а також із прийняттям нових законодавчих положень, що сприяють широкому застосуванню доцільних правил руху й стандартизації вимог до елементів транспортних потоків і дорожньому руху в цілому.

Прогностичні завдання спрямовані на: прогнозування розвитку дорожнього руху й планування заходів щодо його організації; розвиток і вдосконалення вулично-дорожньої мережі, пасажирських і вантажних перевезень, регулювання масштабів автомобілізації.

Система заходів, спрямованих на розв'язок зазначених завдань може розглядатися як *система забезпечення* організації дорожнього руху. У структурі даної системи особливе місце займає *ергономічне забезпечення*.

Стосовно до організації дорожнього руху ергономіку можна розглядати як науку про системну оптимізацію трудової діяльності людини й умов її здійснення в системах «водій – дорога – приземний простір – природне середовище».

Враховуючи викладене, *під ергономічним забезпеченням організації дорожнього руху ми будемо розуміти частину системи організаційних заходів, основним завданням якої є розв'язок усього комплексу питань пов'язаних із системною оптимізацією діяльності водіїв у транспортному потоці*.

10.2 Передумови й основи ергономічного забезпечення

Ергономічне забезпечення виходить з *антропоцентричної* концепції організації дорожнього руху. Згідно із цією концепцією створення технічних засобів діяльності є процес уречевлення в них перетворених людських функцій. Такі засоби забезпечують можливість ефективного протікання діяльності людини, можливість розгортання в потрібній формі психологічних і інших процесів людини, необхідних для здійснення намічених функцій. У такій постановці ергономічне забезпечення організації дорожнього руху зводиться до розробки активних методів побудови структури системи водійської діяльності, що володіє заданими характеристиками.

Побудова системи діяльності включає узгодження внутрішніх(психічні процеси, стани, властивості) і зовнішніх(автомобіль, дорога) засобів діяльності.

Теоретичною передумовою узгодження служить *організмичний* підхід до проектування функціональних структур. Ідея організмичного підходу зводиться до використання принципів природної поведінки водія як об'єктивної основи для створення технічних засобів. Оскільки поведінка водія реалізується у формі руху по дорозі, то говорячи про принципи поведінки, ми розуміємо закони, яким підкорюється рух транспортних коштів.

10.3 Мета й завдання ергономічного забезпечення

Водій гнучкий, пластичний. Це дозволяє йому пристосовуватися практично до будь-якого середовища в межах функціональних можливостей. Однак дане пристосування вимагає більших або менших витрат психічної й фізичної енергії (витрат абстрактної праці) залежно від складності умов діяльності. *Мета ергономічного забезпечення* – зменшити ці витрати, допомогти водієві реалізувати принципи своєї поведінки оптимальним чином за рахунок раціонального вибору параметрів технічних засобів організації руху. Дані параметри повинні формувати властивості технічних засобів несуперечливих принципам поведінки водія.

У процесі руху водій керується наступними основними принципами взаємодії із природним середовищем:

1. *Принцип найменшої взаємодії.* Згідно із цим принципом водій у будь-яких дорожніх умовах прагне організувати свою поведінку таким чином, щоб при мінімальній своїй дії забезпечити максимальну ефективність взаємодії. Даний принцип проявляється в тенденції водія звільнити свій організм від напружень і перевантажень, та мінімізувати при цьому засоби до існування, виживання, задоволення потреб тощо.

2. *Принцип функціонального гомеостазиса.* Цей принцип означає, що водій при розв'язанні завдання досягнення поставленої мети зберігає деяку сукупність стабільних у певних межах функціональних дій. У вузькому змісті функціональний гомеостазис означає, що в процесі руху водій підтримує істотні змінні свого руху в припустимих межах.

3. *Принцип сумісності.* Згідно із цим принципом взаємодія водія із середовищем руху допускає цілеспрямовані дії всіх учасників руху, оскільки діяльність людини соціально нормована.

4. *Принцип максимізації взаємної інформації.* Згідно із цим принципом водій прагне забезпечити максимум взаємної інформації між стимулами й реакціями.

Завдання зменшення витрат абстрактної праці водія за рахунок раціонального вибору параметрів технічних засобів у варіаційній формі може бути представлена у вигляді:

$$Y \xrightarrow{a} \min, \quad K \leq K_3,$$

де Y – ціна продукування, тобто питомі витрати абстрактної праці водія;

a – оптимізуючий параметр;

K, K_3 – фактичні й задані фінансові витрати на реалізацію технічного розв'язку.

Питомі витрати абстрактної праці водія оцінюються по формулі

$$Y = \frac{U}{W},$$

де U – витрати абстрактної праці;

W – продуктивність діяльності водія.

Перехід до конструктивних розв'язків, тобто до підбору необхідних властивостей технічних засобів, вимагає застосування техніко-економічних критеріїв. Тому на етапі конструювання цільова функція представляється у вигляді

$$K \xrightarrow{a} \min, \quad Y \leq Y_3,$$

де Y_3 – задані або припустимі витрати абстрактної праці водія.

Дробовий характер питомих витрат абстрактної праці водія вимагає введення дисциплінуючих умов, які залежно від завдань ергономічного забезпечення можуть бути представлені у вигляді $U = const$ або $W = const$.

З обліком викладеного, завдання забезпечення реалізації принципу найменшої взаємодії може бути представлена у двох видах:

1. Продуктивність взаємодії задана, тобто $W = W_3$, потрібно відшукати мінімум абстрактної праці на підмножині параметрів функціональної поведінки водія i_2 :

$$\min U. \quad i_2$$

2. Задані припустимі витрати абстрактної праці водія, тобто $U = U_3$, потрібно максимізувати продуктивність взаємодії за рахунок раціонального вибору параметрів технічних засобів i_1 :

$$\max W. \quad i_1$$

Завдання забезпечення функціонального гомеостазиса також має дві варіації.

1 Продуктивність взаємодії задана, тобто $W = W_3$, потрібно відшукати такі параметри функціональної поведінки водія i_2 , при яких виконується умова:

$$U(t, i_2) - U_3(t) = 0,$$

де $U_3(t)$ – припустимі витрати абстрактної праці водія.

2. Задані витрати абстрактної праці водія, тобто $U = U_3$, потрібно відшукати такі параметри технічних засобів i_1 , при яких виконується умова:

$$W(t, i_1) - W_3(t) = 0,$$

де $W_3(t)$ – припустима продуктивність діяльності водія.

Сумісність індивідуальних і соціальних норм поведінки можлива лише в тому випадку, якщо це вигідно всім учасникам дорожнього руху. Вигода можлива лише в тому випадку, якщо підпорядкування соціальної індивідуальної норми приводить до зменшення ціни продукування всіх учасників дорожнього руху, тобто виконується умова

$$Y_{\Sigma H} < \sum Y_{iH},$$

де $Y_{\Sigma H}$ – сумарна норма продукування групи учасників руху, що діють відповідно до соціальної норми поведінки;

$\sum Y_{iH}$ – сумарна норма ціни продукування учасників руху, що діють відповідно до індивідуальних норм.

Нехай $Y_{\sum H} = f_1(I)$, $Y_{iH} = f_2(I)$, $i_1 \in I$, $i_2 \in I$. Тоді завдання узгодження індивідуальних і соціальних норм поведінки представляється у двох видах:

1. Продуктивність взаємодії задана, тобто $W = W_3$, потрібно відшукати такі критичні значення параметрів функціональної поведінки водія i_2 , при яких виконується умова:

$$\sum (U_{iH} = f(i_2)) - [U_{\sum H} = f(i_2)] = 0.$$

2. Витрати абстрактної праці задані, тобто $U = U_3$, потрібно відшукати такі критичні значення параметрів технічних систем i_1 , при яких виконується умова:

$$\sum [(W_{iH} = f(i_1))] - [W_{\sum H} = f(i_1)] = 0.$$

Завдання забезпечення максимуму взаємної інформації між стимулами й реакціями також має дві варіації: у першій робиться акцент на зовнішні стимули (i_1), у другий – на реакції водія (i_2):

1. Перший аспект даного принципу може бути представлений у наступній формі:

$$L(i_1, i_2) = H(i_1) - H(i_1 / i_2) - \lambda (\sum_j k_j - K_3) \xrightarrow{i_1} \max,$$

де $L(i_1 / i_2)$ – функція Лагранжа;

λ – множник Лагранжа;

$H(i_1)$ – безумовна ентропія зовнішніх стимулів;

$H(i_1 / i_2)$ – умовна ентропія (та різноманітність стимулів, на яку водій не може правильно зреагувати через обмеженість психофізіологічних можливостей);

k_j – фактичні витрати (ресурс).

2. Другий аспект даного принципу представляється у вигляді:

$$L(i_1, i_2) = H(i_2) - H(i_2 / i_1) - \lambda (\sum_j k_j - K_3) \xrightarrow{i_2} \max,$$

де $H(i_2)$ – безумовна ентропія реакцій водія;

$H(i_2 / i_1)$ – умовна ентропія (характеризує неточність реакцій водія).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Давідіч Ю. О. Ергономічне забезпечення транспортних процесів: навч. посібник / Ю. О. Давідіч, Є. І. Куш, Д. П. Понкратов // Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків : ХНАМГ, 2011. – 392 с.
2. Лобанов Е. М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя / Е. М. Лобанов. – Москва : Транспорт, 1980. – 311 с.
3. Системологія на транспорті. Ергономіка: у 5 кн. / [Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля та ін.] ; під ред. М. Ф. Дмитриченка. – Київ : Знання України, 2008. – 256 с. – (5 кн. / Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля та ін. кн. 5).
4. Гаврилов Э. В. Эргономика на автомобильном транспорте. / Э. В. Гаврилов. – Киев : Техника, 1976. – 152 с.
5. Гаврилов Э. В. Системное проектирование автомобильных дорог / Э. В. Гаврилов, А. М. Гридчин, В. Н. Ряпухин. – Москва – Белгород, АСВ, 1998. – 138 с.
6. Приборы и методики психофизиологического обследования водителей автомобилей / Н. К. Игнатов, В. М. Мишуринов, Р. Т. Мушегян, В. А. Сергеев. – Москва : Транспорт, 1978. – 88 с.
7. Бутуханов В. В. Функциональная диагностика XXI века [Электронный ресурс] / В. В. Бутуханов. – Режим доступа : <http://medtreatment.narod.ru>
8. Баевский Р. М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р. М. Баевский, О. Н. Кириллов, С. З. Клецкин. – Москва : Наука, 1984. – 222 с.
9. Баевский Р. М. Ритм сердца у спортсменов / Р. М. Баевский. – Москва : Физкультура и спорт, 1996. – 143 с.
10. Коноплянко В. И. Организация и безопасность дорожного движения / В. И. Коноплянко. – Москва : Транспорт, 1991. – 183 с.

Навчальне видання

ПРАСОЛЕНКО Олексій Володимирович,
АФАНАСЬЄВА Іветта Анатоліївна

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

З ДИСЦИПЛІНИ

Ергономіка

*(для студентів денної та заочної форм навчання
спеціальності 275 – Транспортні технології)*

Відповідальний за випуск *Т. В. Луценко*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *І. А. Афанасьєва*

План 2016, поз. 97Л.

Підп. до друку 23.05.2017. Формат 60 × 84/16.

Друк на різнографі. Ум. друк. арк. 3,4.

Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: office@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.