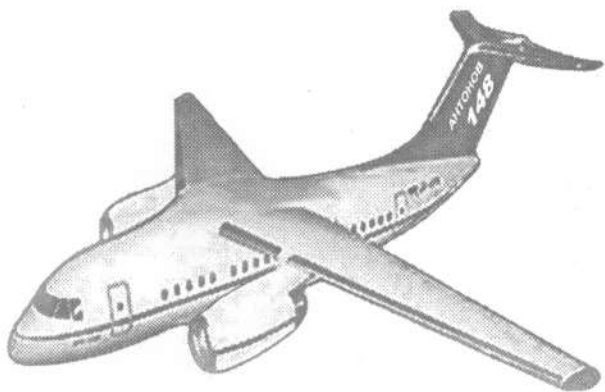




О.М. ТИЊКОВ

ІНЖЕНЕРНА ПСИХОЛОГІЯ



2011

159.9
Т42

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
"Харківський авіаційний інститут"

О.М. Тиньков

ПЕРЕОБЛІК 20 12 р.

ІНЖЕНЕРНА ПСИХОЛОГІЯ

Навчальний посібник

Научно-техническая
библиотека
"ХАИ"



mt0155065

**НАУКОВО-ТЕХНІЧНА
БІБЛІОТЕКА**
Національного аерокосмічного
університету ім. М.Є.Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Харків "ХАИ" 2011

ББК 88.32
УДК 159.91:62(075.8)
Т42

Рецензенти: канд. психол. наук, доц. Г.В. Попова,
канд. мед. наук, доц. Л.В. Зайцева

Тиньков, О.М.

Т42 Інженерна психологія [Текст]: навч. посіб. / О.М. Тиньков. – Х.:
Нац. аерокосм. ун-т "Харк. авіац. ін-т", 2011. – 72 с.

Розглянуто складні системи «людина - машина» та висвітлено такі питання: предмет і задачі інженерної психології; методи інженерної психології; показники якості систем «людина-машина»; інформація в системі «людина-машина»; психологічні аспекти проблеми прийняття рішень; функціональні стани оператора.

Для психологів, фізіологів, педагогів і студентів, що навчаються за фахом «Психологія», з дисциплін «Контроль і діагностика функціонального стану оператора», «Інженерна психологія», «Психологія праці», «Авіаційна та космічна психологія», «Психофізіологія», «Ергономіка».

Іл. 7. Табл. 1. Бібліогр.: 18 назв

ББК 88.32
УДК 159.91:62(075.8)

© Тиньков О.М., 2011
© Національний аерокосмічний університет
ім. М.Є. Жуковського "Харківський
авіаційний інститут", 2011

Розділ 1. Предмет і задачі інженерної психології.....	4
1.1. Предмет інженерної психології.	4
1.2. Задачі інженерної психології.....	5
Розділ 2. Методи інженерної психології.....	9
2.1. Загальна характеристика методів. Психологічні методи.....	9
2.2. Фізіологічні методи.....	12
2.3. Математичні методи.	13
Розділ 3. Система «людина – машина».....	14
3.1. Особливості й класифікація систем «людина – машина».....	14
3.2. Показники якості систем «людина – машина».....	19
Розділ 4. Інформація в системі «людина – машина».....	24
4.1. Загальне поняття про інформацію.....	24
4.2. Приймання інформації оператором.....	25
4.3. Психофізіологічна характеристика процесу прийому інформації. Енергетичні й інформаційні характеристики зорового аналізатора. Характеристики слухового аналізатора.	29
4.4. Збереження інформації оператором. Процеси пам'яті. Характеристики оперативної пам'яті.....	38
Розділ 5. Ухвалення рішення в діяльності оператора.....	43
5.1. Психологічні аспекти проблеми прийняття рішень.....	43
Розділ 6. Діяльність оператора в системі «людина – машина».....	48
6.1. Психологічний аналіз діяльності.....	48
Розділ 7. Функціональні стани оператора.....	59
7.1. Поняття про функціональні стани й працездатність. Зміни працездатності.....	59
Бібліографічний список.....	70

Розділ 1. ПРЕДМЕТ І ЗАДАЧІ ІНЖЕНЕРНОЇ ПСИХОЛОГІЇ

1.1. Предмет інженерної психології

Впровадження і експлуатація нової техніки й технологій висунули нові проблеми, що стали передумовою виникнення та розвитку такої галузі знань, як інженерна психологія.

На стику психологічних і технічних наук виник комплекс спеціальних теоретичних і прикладних проблем, пов'язаних зі створенням комбінованих систем «людина – машина» (СЛМ). Вирішення цих проблем тільки інженерними методами стало неможливим. Необхідно було мати інформацію про психічну діяльність людини в сучасних технічних системах, комплексах для вдосконалення їх проектування, створення, експлуатації, транспортування, ремонту тощо. Потреба у визначенні цієї інформації і зумовила появу нової галузі знань – інженерної психології.

Інженерна психологія – це наукова дисципліна, що вивчає об'єктивні закономірності процесів інформаційної взаємодії людини й техніки з метою використання їх у практиці проектування, створення і експлуатації СЛМ.

В інженерній психології розглядають складні системи «людина – машина», які мають такі особливості:

- управління об'єктом здійснюють дистанційно, тобто інформація про об'єкт обмежена і в просторі, і в часі, та відображають за допомогою інформаційних моделей;
- людина не має жорсткої програми своїх дій, оскільки неможливо передбачити всі професійні задачі та способи їхнього вирішення;
- оператор при виконанні функцій управління переважно працює у режимі дефіциту часу;
- велика відповідальність за прийняття рішень створює значне психічне напруження, яке негативно впливає на ефективність професійної діяльності оператора;
- професійна діяльність оператора СЛМ пов'язана із вирішенням задач, що потребують прогностичних, антиципуючих оцінок.

Досягнення головної мети – високої ефективності СЛМ – передбачає виконання двох основних умов:

- поліпшення технологічних характеристик трудового процесу;
- поліпшення умов праці та характеристик трудового процесу, які стимулюють трудову активність людини і, як результат, визначають її ставлення до праці.

Поліпшення технологічних характеристик трудового процесу можна досягти шляхом:

- мінімізації часу використання окремих дій чи операцій трудового процесу;
- унеможливлення грубих помилок, які спричинюють аварії;
- мінімізації ймовірності помилок, які можуть впливати на стан оператора, на перебіг технологічного процесу або на якість кінцевого продукту;
- запобігання навантаженням, які погіршують функціональний стан людини або негативно впливають на її здоров'я, тобто підтримання необхідної працездатності людини у заданому часі її роботи. Стимулюванню трудової активності людини сприятимуть:
- підвищення надійності функціонування технічних систем;
- раціональна конструкція техніки;
- відповідність рівня підготовки оператора рівневі складності технічних систем;
- естетичний вигляд технічних систем і виробничих приміщень;
- мінімізація впливу шкідливих зовнішніх чинників. Трудова активність стимулюється не тільки поліпшенням характеристик трудового процесу, але й соціальними умовами взагалі, що визначає загальне ставлення людини до праці.

1.2. Задачі інженерної психології

Інженерна психологія як наука, що виникла на стику технічних і психологічних наук, має ознаки цих двох наук.

Напрямки досліджень з інженерної психології:

1. Методологічний напрямок

Як психологічна наука вона вивчає психічні й психофізіологічні процеси та властивості людини, які надалі мають змогу окреслити предмет й об'єкт досліджень, визначити або розробити методи їх вивчення та принципи виведення закономірностей досліджуваних психологічних явищ, встановити зв'язок інженерної психології з іншими науками і усвідомити її значення для суспільної практики.

2. Психофізіологічний напрямок, пов'язаний з вивченням таких властивостей людини, які мають найбільше значення в процесі управління і обслуговування техніки.

Основні дослідження спрямовані на таке:

- вивчення психологічних і психофізіологічних характеристик приймання та перероблення інформації людиною, властивостей її пам'яті й мислення, здійснення нею керуючих дій;
- психологічний аналіз діяльності оператора СЛМ, обґрунтування

ролі різних психічних процесів у цій діяльності, вивчення і опис конкретних видів операторської діяльності;

- розроблення методів дослідження та прогнозування ефективності взаємодії оператора з технікою;
- вивчення станів оператора.

Системо-технічний напрямок спрямований на таке:

- розроблення принципів побудови СЛМ;
- проектування і оцінювання СЛМ;
- організацію робочого місця оператора;
- оцінювання надійності й ефективності СЛМ.

Експлуатаційний напрямок спрямований на таке:

- професійну підготовку оператора;
- психологічний супровід діяльності оператора;
- організацію групової діяльності операторів;
- розроблення методів підвищення працездатності оператора.

На початковому етапі розвитку інженерної психології як науки в багатьох дослідженнях переважав *машиноцентричний підхід*, коли людину розглядали як елемент технічної системи, а опис та оцінку її діяльності проводили за схемами та методами, які використовували для опису технічних систем. Головне завдання досліджень полягало в описі «вхідних» і «вихідних» параметрів людини, незалежно від її індивідуальності й конкретних обставин діяльності. Цей підхід нав'язував класичні біхевіористські схеми, які були дуже поширені в англо-американській інженерній психології.

Подальші дослідження свідчили про обмеженість та однобічність такого підходу. Людина не завжди поводи́ла себе так, як можна було сподіватися, уявляючи її одним із елементів технічної або біологічної системи.

Таким чином, у процесі розвитку інженерної психології виникла необхідність принципово нового підходу до аналізу СЛМ, за яким діяльність людини-оператора можна було б вивчати у взаємодії всіх психічних функцій, процесів і станів у контексті цієї діяльності. Треба було переходити, як слушно зауважував Б. Г. Ананьєв, від аналізу людини як оператора (і тільки оператора!) до аналізу оператора як людини.

Антропоцентричний підхід було впроваджено завдяки працям Б. Г. Ананьєва, В. П. Зінченка, А. О. Крилова, О. М. Леонтьєва, Б. Ф. Ломова, А. Р. Лурії, О. О. Смирнова, Б. М. Тепло́ва. Їхні ідеї розвинули у пізніших працях інші дослідники. Були розроблені такі нові принципи, концепції, методи й підходи до вивчення, аналізу та проектування операторської діяльності:

- системний підхід до аналізу і оптимізації взаємодії людини і машини (Б. Ф. Ломов) [14];
- концепція «інформаційної моделі» (В. П. Зінченко, Д. Ю. Панов) [44];
- психофізіологічний і функціонально-алгоритмічний підхід до аналізу трудової діяльності (Г. М. Зараковський) [10];
- концепція «оперативного образу» (Д. А. Ошанін);
- структурно-алгоритмічний підхід до аналізу й проектування діяльності (Г. В. Суходольський);
- структурний метод прогнозування надійності СЛМ (А. І. Губинський, В. Г. Євграфов) [14];
- концепція поетапного моделювання й синтезу біотехнічних та ергатичних систем (В. М. Ахутін) [8];
- концепція взаємної адаптації людини й машини (В. Ф. Венда);
- антропоцентричний підхід до аналізу і оптимізації СЛМ (Б. Ф. Ломов) [14];
- принцип активного оператора (Н. Д. Завадова, В. О. Пономаренко);
- структурно-евристична концепція пошарового перероблення інформації оператором (В. Ф. Рубахін).

На основі цих та інших досліджень були сформовані головні специфічні принципи інженерної психології:

Принцип гуманізації праці підкреслює провідну, творчу роль людини у трудовій діяльності в процесі функціонування СЛМ. Актуалізується необхідність урахування вимог людини до технічних систем, психологічних і психофізіологічних можливостей людини й особливостей її взаємодії з іншими в груповій діяльності. Протилежним цьому принципам є *принцип симпліфікації* (спрощення), згідно з яким людина ототожнюється з технічними елементами системи.

Принцип активного оператора враховує особистісне ставлення оператора до виконання своїх обов'язків, виходячи з того, що при пасивній його позиції в разі термінового переходу до активних дій потрібно буде витратити значно більше енергії, а це, в свою чергу, може вплинути на ефективність роботи СЛМ. Необхідно вже на стадії проектування майбутньої діяльності оператора визначити її структуру.

Принцип комплексності ґрунтується на ідеях Б. Г. Ананьєва, В. М. Бехтерева та інших дослідників про необхідність комплексного вивчення людини. Його реалізація потребує розширення міждисциплінарних зв'язків інженерної психології з іншими науками, розроблення узагальнювальних критеріїв оцінювання функціонування СЛМ. Зрозуміло, що це не заперечує можливості використання спеціальних для людини та машини критеріїв.

Реалізуються ці принципи при застосуванні системного підходу, сутність якого відображена в працях В. П. Кузьміна та Б. Ф. Ломова [14].

Людина-оператор – це дуже складна система, що функціонує в іншій складній системі «людина - машина - середовище», яка, в свою чергу, складається із різних підсистем зі своїми взаємовідносинами та зв'язками.

Системний підхід, що використовується для опису та дослідження інженерно-психологічних явищ і процесів, має свої специфічні риси.

По-перше, психологічні явища розглядають як багатовимірні та багаторівневі системи. Багатовимірність виявляється в тому, що психічні процеси аналізують в сукупності різних характеристик – інформаційних, операційних, мотиваційних тощо, кожна з яких має свій рівень. Це і забезпечує багаторівневність.

Так, наприклад, процес прийняття рішення може розглядатися з різних боків: і як нейрофізіологічний акт, і як окрема дія, і як творчий процес знаходження або відкриття чогось нового, і як соціально-психологічне утворення зі своїми параметрами. При цьому структура й механізми прийняття рішень будуть неоднаковими на різних рівнях психічної регуляції діяльності, а також залежатимуть від технічного та технологічного її забезпечення.

По-друге, складність і специфіка СЛМ, а також обставини, в яких вона функціонує, зумовлюють відмінність структури діяльності оператора, що впливає на її властивості.

Природні особливості нервової системи, здібності, риси характеру, рівень розвитку когнітивної, емоційно-комунікативної та регулятивної сфер, готовність до діяльності – все це властивості різного порядку, і їх необхідно враховувати при вирішенні проблеми оптимізації СЛМ. Так, зокрема, при оцінюванні надійності СЛМ, яка функціонує в умовах дефіциту часу, в аварійних ситуаціях, на перший план виступають природні властивості людини, пов'язані з особливостями її нервової системи [15].

По-третє, система психічних властивостей людини постійно змінюється, розвивається, що потрібно брати до уваги при інженерно-психологічному проектуванні СЛМ. Це можливо під час використання основних положень концепції багаторівневої взаємної адаптації людини й машини [15].

Реалізація розглянутих принципів і підходів дає змогу розв'язати основну проблему інженерної психології – оптимізації функціонування СЛМ.

Розділ 2. МЕТОДИ ІНЖЕНЕРНОЇ ПСИХОЛОГІЇ

2.1. Загальна характеристика методів. Психологічні методи

Застосовуючи системний підхід, інженерна психологія використовує широкий арсенал методів і конкретних методик, розроблених як у психології праці, так і в суміжних галузях знань (фізіології, кібернетиці, математиці тощо).

За характером отримання даних про діяльність оператора методи досліджень можна поділити на психологічні, фізіологічні та математичні (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Методи досліджень інженерної психології

За допомогою *психологічних методів* здійснюють психологічний аналіз діяльності оператора в реальних або лабораторних умовах, аналіз впливу різних психологічних чинників на результати діяльності оператора. Психологічні методи застосовують з метою дослідження або з метою випробування. За результатами досліджень, отриманими за допомогою спостереження, експерименту або опитування, виявляють закономірності діяльності оператора та механізми психічних явищ. У процесі випробувань, які проводять через тестування, з'ясовують наявність необхідних психологічних рис і характеристик певного оператора.

Для діагностики станів операторів може бути використана практично кожна з розроблених в експериментальній психології методик, що оцінює ефективність процесів сприйняття, уваги, пам'яті, мислення й

ін. Створення подібних методик почалося ще на зорі експериментальної психології. До їхнього числа відносяться коректурна проба Бурдона, таблиці Шульте, що використовували для характеристики уваги, комбінаційний метод Еббінгауза, метод парних асоціацій, методики безперервного рахунку Крепеліна й елементарного шифрування П'єрона – Рузера, призначені для аналізу інтелектуальних процесів. Існують досить повні огляди цих методик [15]. Перераховані тести в їхніх численних модифікаціях широко використовують і у сучасній діагностичній практиці. Їх вважають досить ефективними, і вони складають основний арсенал засобів, що використовуються психологами.

До типових психометричних процедур слід також віднести тести визначення абсолютних і диференціальних порогів чутливості в різних модальностях, визначення критичної частоти злиття мелькань (КЧЗМ), аналіз динаміки послідовних образів [15]. Однак ці психологічні показники помилково відносять до іншої категорії методів. Так, фізіологічно вважають одну з найпоширеніших методик оцінки стомлення – КЧЗМ.

Іншою групою психометричних методик є аналіз динаміки різних проявів рухової активності оператора. Разом з могутньою фізіологічною базою вивчення цих характеристик, насамперед міографічними дослідженнями, існують різноманітні психологічні методики аналізу.

Традиційними поведінковими прийомами діагностики є різні варіанти степ-тесту і тепінг-тесту. Найбільш великою є група методик визначення часу реакції при виконанні різних сенсомоторних задач [8]. Виділювані при цьому в моторному компоненті відповіді латентна й власне виконавча частини дозволяють звернутися до змісту механізмів процесів прийняття рішень, регуляції рухового акту. Перспективним у цьому відношенні є використання методу мікроструктурного аналізу виконавчої діяльності. У цей час уже існують розробки діагностичних методик, виконаних у рамках цього підходу.

Основними показниками виконання психометричних тестів є успішність і швидкість виконання завдань. Однак незалежне використання цих критеріїв не завжди дозволяє дати однозначну інтерпретацію змінам, що спостерігають. Це пов'язано з різною природою порівнюваних показників. Якщо зменшення кількості правильних відповідей безпосередньо свідчить про погіршення якості виконання, то висока швидкість роботи ще не є доказом успішності роботи. Тому розвиток даного напрямку досліджень іде по лінії пошуку інтегральних критеріїв оцінювання ефективності. Одна з перших спроб такого роду була пов'язана з використанням теорії інформації [3].

Методики суб'єктивної оцінки. Перспективність застосування в діагностичних цілях суб'єктивних методик пояснюється різноманітністю проявів симптоматики різних станів у внутрішньому житті індивіда – від добре знайомого кожному комплексу відчуттів втоми до специфічних змін саме аферентації, що виникають у незвичайних умовах діяльності. Незважаючи на широко розповсюджену думку про інформативність суб'єктивних даних, ця область досліджень довгий час знаходилася поза науковою розробкою. Більше того, дотепер, як і 50 років тому, дискутується питання про принципову можливість залучення даних самозвітів для одержання достовірної інформації. Дійсно, на формування комплексу суб'єктивних переживань прямо впливають такі чинники, як установка суб'єкта і його навички саморефлексії, ступінь усвідомлюваних симптомів і час їхнього прояву, виражена залежність від рівня мотивації, значущість діяльності, особистісні особливості людини. Однак суб'єктивні прояви є не що інше, як відображення стану об'єктивних процесів у свідомості або відчуттях самої людини. Дослідник же має знайти адекватний спосіб аналізу цієї сфери проявів життєдіяльності.

Паралельно з теоретичними суперечками йде інтенсивне розроблення конкретних методик суб'єктивної оцінки функціональних станів операторів. Найчастіше як об'єкт діагностики виступає стомлення. Однак існують суб'єктивні методики для оцінювання стану монотонії, різних форм тривожності, переживань стресу.

Розроблення даної групи методик йшло по шляху ретельного вивчення симптоматики досліджуваних станів і виділення двох основних методичних напрямків: методу опитування і методу шкалювання суб'єктивних переживань, що у визначеному сенсі можна розглядати як послідовні етапи підготовки діагностичного тесту.

Опитувальники. Ця група методів спрямована на виявлення якісно різноманітних переживань стану, що з більшою або меншою легкістю можуть бути усвідомлені людиною. Виділені симптоми входять до складу опитувальника у вигляді розгорнутих словесних формулювань, що мають питальну або стверджувальну форми. Кількісну оцінку або визначення ступеня виразності кожної ознаки не ставлять головною метою подібних досліджень. Характеристику стану людини будують на основі загального числа відзначених симптомів та аналізі їхньої якісної своєрідності. Окремі опитувальники істотно розрізняються між собою обсягом включених у їхній склад ознак і способами їхнього угруповання. Обсяг опитувальника може варіюватися від декількох ознак до декількох десятків або навіть сотень. Загальною тенденцією при розробленні сучасних опитувальників є прагнення до обмеження списку симптомів, що відповідає вимогам стислості тестового випро-

бування і простоти кількісного оброблення. У той же час це припускає включення до складу списку найбільш важливих, «ключових» ознак.

Вибір інформативних симптомів та їхнє угруповання є основними шляхами створення більш компактних і надійних опитувальників. При проведенні такої роботи нерідко застосовують засоби багатофакторного статистичного аналізу. У роботі С. Кашіваги при конструюванні опитувальника для оцінювання стомлення використовували факторно-аналітичний метод. Автор виходив з уявлення про те, що всю різноманітність проявів стомлення можна класифікувати в такий спосіб: симптоми слабкої активації, слабкої мотивації й фізичної дезінтеграції. Передбачалося, що дві перші групи симптомів є загальними практично для всіх видів праці [9].

2.2. Фізіологічні методи

Фізіологічними методами користуються при вивченні функціонального стану людини, характеру реагування різних систем організму в процесі діяльності. До їхнього числа відносяться насамперед електрофізіологічні показники: електроенцефалограма (ЕЕГ), електроміограма (ЕМГ), шкірно-гальванічна реакція (ШГР), а також частота серцевих скорочень, тонус судин, величина діаметра зіниці та багато чого іншого.

При вирішенні діагностичних задач однією із центральних стає проблема індивідуальних розбіжностей. Типи фізіологічних відповідей (патерни реакцій) у визначеній ситуації широко варіюють у різних людей. У той же час існують докази відносної сталості типу реакцій в однієї людини у фіксованих умовах. Якщо мати можливість «ідентифікувати змінні, які задають «вихідний рівень» для конкретного індивіда, ми просунемося далеко вперед у вирішенні задачі, що нас цікавить». У визначеному сенсі ця задача аналогічна проблемі створення «фізіологічного профілю особистості» [9].

Використання фізіологічних показників у діагностичних цілях стриmuється істотними труднощами метрологічного порядку. Незважаючи на відносну простоту безпосереднього кількісного виміру порушень фізіологічних функцій, що спостерігаються в експерименті, перед дослідником виникає цілий ряд проблем. До їхнього числа відносяться задачі створення й вибору адекватних досліджуваному матеріалові теоретичних засобів аналізу (математичні моделі та концептуальні схеми). Крім того, існує ряд загальних для всіх видів фізіологічних вимірів метрологічних проблем, головні з яких – проблеми еталонного рівня функціонування та нелінійності шкал вимірів [15].

Це не відноситься до складної техніки проведення досліджень і подальшого трудомісткого процесу статистичного оброблення результатів.

Перераховані факти, а також методична недосконалість процедур реєстрації й оброблення фізіологічних даних являють собою реальні труднощі в справі використання цих показників для діагностики функціональних станів у реальних умовах.

2.3. Математичні методи

Математичні методи використовують для статистичного оброблення результатів, пошуку закономірностей, побудови моделей діяльності оператора.

Особливістю математичних методів є моделювання. У них розглядають не реальні процеси, а штучно побудовані об'єкти, які певним чином співвідносяться з реальними явищами і тому називаються моделями.

Залежно від характеру моделювання може бути фізичним, математичним, імітаційним.

При фізичному моделюванні вивчають діяльність оператора в лабораторних умовах за допомогою спеціального обладнання – тренажерів, стендів, макетів, експериментальних об'єктів. Це інженерно-психологічний експеримент із відтворення психологічної структури та особливостей реальної діяльності оператора в лабораторних умовах. Утім, таке моделювання передбачає і застосування математичного планування й оброблення отриманих результатів.

Математичне моделювання досліджує діяльність оператора за допомогою математичних моделей – формул, рівнянь, нерівностей, які відображають реальний процес. У такому разі дослідження самої діяльності переноситься на перетворення різних формул або вирішення системи рівнянь. При цьому є певні обмеження стосовно застосування отриманих результатів.

Імітаційне моделювання здійснюють за допомогою електронно-обчислювальної техніки, яка значною мірою враховує вплив випадкових чинників, зумовлених умовами діяльності, особливостями процесу управління та самою людиною.

На різних стадіях проектування і експлуатації СЛМ можуть бути застосовані різні методи. Так, на початкових етапах проектування діяльності оператора краще вдаватися до математичних методів моделювання, які дають змогу попередньо оцінити СЛМ, діяльність самого оператора та висунути вимоги до її технічного забезпечення. Далі доцільно використовувати імітаційне або фізичне

моделювання для отримання повніших вихідних параметрів функціонування СЛМ. На завершальних етапах проектування виникає необхідність отримання даних про діяльність оператора, його стан і чинники, які впливають на ефективність функціонування СЛМ.

Слід зауважити, що в *інженерно-психологічних дослідженнях* застосовують:

- *антропометричні та біомеханічні методи* для реєстрації рухової активності людини і виявлення різних зон її досяжності;
- *методи гігієни праці* для опису і аналізу чинників виробничого середовища – температури, вологості, шуму, вібрації, інтенсивності опромінювання, освітлення тощо;
- *методи соціометрії* для проектування спільної діяльності операторів, підбору команд, екіпажів.

Розділ 3. СИСТЕМА «ЛЮДИНА-МАШИНА»

3.1. Особливості й класифікація систем «людина-машина»

За призначенням системи «людина-машина» поділяють на такі класи:

- керуючі, основне завдання яких — керування машиною або комплексом;
- обслуговувальні, в яких людина наглядає за діяльністю машини, проводячи її ремонт і налаштування тощо;
- навчальні, до яких належать технічні засоби навчання, тренажери, імітатори і т. ін.;
- інформаційні, що забезпечують пошук і накопичення необхідної інформації (системи зв'язку, телевізійні, радіолокаційні, документальні системи тощо);
- дослідницькі, які використовують у вивченні різних явищ, пошуку нової інформації та закономірностей (прилади та пристрої, макети й моделі самої системи).

За характером «людського компонента» СЛМ поділяють на такі:

- моносистеми: один оператор і один технічний пристрій;
- полісистеми, в яких значна кількість людей взаємодіє з багатьма технічними пристроями; різновидом таких систем є соціотехнічні системи. Крім цього, полісистеми поділяють на паритетні та багаторівневі, ієрархічні. В перших – паритетних – інформацію подають і за формою, і за змістом однаково для всіх, наприклад, табло групового використання або системи забезпечення життєдіяльності людини на чо-

вні чи космічному кораблі; у других – багаторівневих – на обмін інформацією впливає ієрархічна структура взаємодії людей з технікою. Для прикладу, це – система управління повітряним рухом літаків: найвищий рівень – диспетчер аеропорту, далі – командир літака, потім – члени екіпажу.

За типом і структурою машинного компонента СЛМ поділяють на такі:

- інструментальні, в яких оператор використовує найпростіші інструменти, прилади;
- прості автоматизовані, в яких технічні засоби перетворюють енергію людини;
- складні автоматизовані, де функціонують різні за призначенням, складністю і підпорядкованістю технічні компоненти. Управління такими системами здійснюють не тільки за схемою «людина – машина», але й у ланцюзі «людина – людина – машина».

За характером взаємодії СЛМ поділяють на три основні типи (за специфікою участі оператора у процесі управління).

У системах першого типу процес управління відбувається безперервно, оператор спостерігає за цими процесами і втручається тільки тоді, коли треба ліквідувати відхилення. Такі системи мають високий ступінь автоматизації виробничих процесів, тому їх застосовують у хімічній, металургійній промисловості тощо.

У системах другого типу процес управління також безперервний, але оператор періодично, дискретно сам вирішує низку певних завдань, між якими є так звана оперативна пауза. Це – системи автоматизованого зв'язку, радіолокаційні системи.

Для систем третього типу характерна чітка дискретність здійснення оператором певних завдань. Це – системи управління польотами, транспортні системи, системи з відстроченим зворотним зв'язком.

Окремо виділяють системи безперервної взаємодії, до яких належать системи типу «водій – автомобіль».

Наведена класифікація не є єдиною. Приклади інших підходів відображені у спеціальній літературі [15].

Оригінальним є підхід, запропонований А. О. Криловим [15], який виділяє такі типи СЛМ:

- системи управління рухомими об'єктами;
- системи управління енергетичними об'єктами;
- системи управління технологічними процесами циклічного типу;
- системи нагляду та виявлення об'єктів;
- системи управління транспортними засобами, розподілу енергії диспетчерського типу.

Автоматизовані системи управління рухомими об'єктами можуть бути двох основних видів:

- керуюча система з одним оператором, що розташована на самому об'єкті;
- керуюча система, розташована поза об'єктом; її завданням є забезпечення досягнення об'єктом певної мети за необхідний час. Меті підпорядковане вирішення оперативних завдань, серед яких головними вважають: утримання необхідних параметрів руху об'єкта і гарантування безпеки його переміщення.

Робота операторів, що управляють рухами об'єктів, має характерні особливості, які зумовлені значною швидкістю пересування об'єктів, раптовим виникненням критичних ситуацій, значною ймовірністю зміни параметрів довколишнього середовища тощо. Для операторів, які знаходяться на самому об'єкті, важливе значення має стан емоційної напруженості під час їхньої діяльності. До того ж вони залежать від таких чинників, як прискорення, зміна тиску, температура, вібрація, коливання, шум тощо. Крім того, оператори в окремих випадках мають працювати у спеціальному спорядженні і перебувати у малогабаритних приміщеннях.

Слід зауважити, що в самій діяльності оператора є не тільки високоактивні періоди, але й малоактивні, монотонні, які пов'язані з очікуванням необхідної інформації або з використанням автоматів (автопілот, авторульовий), або з одноманітним довколишнім середовищем (автомобільні дороги, особливо в нічний час).

Цілком зрозуміло, що сама система висуває підвищені, жорсткі вимоги до стану здоров'я та фізичної підготовки операторів. Важливим є наявність у них таких психологічних рис, як рішучість, здатність швидко оцінювати інформацію й приймати рішення, емоційна стійкість, швидке переключення уваги, збереження готовності до дій за період монотонії (оперативна готовність), доведення до автоматизму відповідних рухових дій.

Автоматизовані системи управління енергетичними установками теж підрозділяють на такі:

- системи управління транспортними засобами;
- стаціонарні.

Цільове призначення цих систем полягає у забезпеченні роботи машин як джерела енергії у заданому режимі та протягом установленого часу. Оперативні завдання у системі підпорядковані контролю й регулюванню енергоресурсів, а також захистові енергетичної установи. Для досягнення цієї мети використовують різні засоби відображення інформації, переважно мнемосхеми та цифрові й стрілкові контрольно-вимірвальні прилади, а також органи управління, переважно

перемикачі та регулятори. Вони поєднані у спеціальні пости, які можуть бути розташовані недалеко від самих енергетичних установок. Оператори даних систем можуть відчувати на собі вплив таких чинників довколишнього середовища, як прискорення, коливання, зміна кліматичних і фізичних умов.

Головна проблема діяльності операторів таких систем – це збереження готовності до дії. У критичних ситуаціях оператор має швидко зорієнтуватись, поставити правильний технічний діагноз і прийняти ефективне рішення, а також уміти застосовувати ручне управління. Для цього він має володіти знаннями про будову системи, взаємодію її складових й утримувати в пам'яті значну кількість характеристик і параметрів її роботи.

1550634

Автоматизовані системи управління технологічними процесами циклічного типу широко використовують у промисловому виробництві масового випуску якого-небудь продукту. За певний цикл технологічного процесу початкова форма продукту може перейти у кінцеву або проміжну, придатну для подальшого оброблення. Вирішення основних оперативних завдань пов'язане із забезпеченням необхідних параметрів технологічного процесу та контролем якості продукції. Умови роботи оператора характеризуються монотонністю, яка збільшується з ростом циклічності технологічного процесу. В системах значного рівня автоматизації монотонність стосується процесів контролю, у разі незначного рівня автоматизації вона пов'язана з виконанням однотипних, повторних дій. При цьому монотонність може бути поєднана зі значним інформаційним навантаженням, що висуває певні вимоги до швидкості дій оператора, концентрації й переключення його уваги, прийняття рішень тощо.

Автоматизовані системи нагляду за ситуацією використовують для отримання інформації про наявність об'єктів у визначених зонах повітряного та водного середовища. Головними оперативними завданнями є виявлення об'єктів, їх упізнання і нагляд за переміщенням їх у середовищі. При цьому в оператора немає ніякого зв'язку з об'єктом, і він не може впливати на його переміщення. Для вирішення основних завдань необхідні доволі «чутливі» системи і певний досвід самого оператора, який може забезпечити формування перцептивних еталонів різних об'єктів. Робота в таких системах потребує постійної уваги за екранами в умовах недостатнього освітлення у приміщеннях. Все це вимагає належної організації робочих місць, режимів роботи й умов реабілітації.

Автоматизовані системи управління диспетчерського типу використовують при управлінні транспортними засобами, розподілі енергії тощо. Основне їх призначення полягає в обслуговуванні, і тому

центральноними оперативними завданнями є: приймання замовлень, установлення черги, контроль завантаження й виконання команд. Оператор, отримуючи інформацію, має вирішити питання про значущість певного замовлення серед інших (наприклад, запит на аварійну посадку літака), визначити канал обслуговування, прийняти певне рішення і реалізувати його. Робота операторів-диспетчерів дуже інтенсивна і неритмічна. Висока відповідальність за прийняття рішень значно напружує діяльність операторів, що вимагає від них високої емоційної стійкості. Крім того, висувають високі вимоги щодо обсягу їхньої пам'яті, характеристик оперативного мислення, чіткості й виразності мовлення.

За всієї різноманітності СЛМ вони мають і певні загальні риси і особливості, до яких належать: динамічність, цілеспрямованість, адаптивність, самовпорядкованість.

Динамічність СЛМ пов'язана з її структурою, яка визначається взаємодією елементів різної природи та змінами характеру взаємозв'язків. Це зумовлює такі її властивості:

- розгалуженість структури СЛМ або зв'язків між елементами цієї структури;
- різноманітність природи елементів СЛМ (людина, група чи групи людей, автомат, машина, комплекс);
- автономність елементів, яка полягає в їхній здатності незалежно від інших виконувати свої функції;
- гнучкість самої структури СЛМ, що забезпечує перехід і виконання різних функцій оператором.

Цілеспрямованість полягає в тому, що система сама може змінювати завдання та способи їх вирішення. Цілеспрямованість СЛМ забезпечує людина, яка ставить або формулює мету, створює програму її досягнення.

Адаптивність підтримує ефективність функціонування СЛМ на належному рівні, незалежно від змін обставин її роботи. Певний час ця властивість СЛМ реалізовувалася тільки завдяки пристосуванню людини до машини. Зараз розглядають питання взаємної адаптації в системі шляхом пристосування технічних засобів або їхніх параметрів до конкретного психофізіологічного стану людини чи показників ефективності її діяльності.

Самовпорядкованість розглядають як властивість СЛМ зменшувати свою ентропію (невизначеність) після виведення її з нормального, стійкого функціонування. Реалізація цієї властивості можлива тільки за цілеспрямованої діяльності людини, здатності оператора планувати свої дії та реалізовувати їх різними способами.

Розглянуті риси СЛМ забезпечують її інтегровальну властивість – живучість.

3.2. Показники якості систем «людина-машина»

Будь-яка СЛМ покликана задовольняти певні потреби людини або суспільства. Для цього необхідно, щоб вона мала низку властивостей, які закладають під час її проектування і реалізують у процесі її експлуатації. Згідно з державним стандартом 2.116-71, властивість СЛМ – це об'єктивна особливість, яка виявляється в процесі експлуатації. Кількісна характеристика певної властивості системи має назву показника якості СЛМ, тобто кожна СЛМ має нескінченну множину властивостей, що визначають її якість. Під якістю розуміють сукупність властивостей, які характеризують ступінь придатності системи для використання її за призначенням, тобто її ефективність.

Нині разом з основними показниками розроблення і експлуатації технічних систем (продуктивність, надійність, економічність) різко зросло значення таких показників, як ергономічність, екологічність, естетичність, які забезпечують досягнення соціальної ефективності нової техніки. Використання досягнень інженерної психології при проектуванні техніки й умов її функціонування сприяє підвищенню ефективності й якості праці, зручності експлуатації та обслуговування техніки, скороченню термінів її освоєння, поліпшенню умов праці, економії витрат фізичної і нервово-психічної енергії працюючої людини, підтриманню її високої працездатності.

Участь людини-оператора у функціонуванні СЛМ зумовлює наявність специфічних властивостей, які визначають інтегральні характеристики зв'язку людини й машини в конкретних умовах зовнішнього середовища. Сукупність цих специфічних властивостей, які забезпечують можливість динамічної взаємодії людини з технічними засобами з метою виконання системою поставлених завдань у заданих умовах експлуатації, можна назвати *ергономічністю системи*. Ця інтегральна характеристика забезпечується певними інженерно-психологічними властивостями системи, зокрема швидкодією, точністю, надійністю й напруженістю діяльності оператора.

Швидкодія характеризується часом проходження інформації по замкненому колу «людина – машина», а точніше, часом функціонування СЛМ до досягнення певної мети, тобто тривалістю циклу регулювання:

$$T_u = \sum_{i=1}^k t_i,$$

де t_i – час оброблення інформації в i -й ланці СЛМ; k – кількість ланок СЛМ, в ролі яких виступають і технічні системи, і оператори.

Цикл регулювання – це проміжок часу, за який виникає відхилення у системі і відбувається його ліквідування, тобто система стає такою, як задано програмою. Розглянемо цю характеристику на прикладі простої одноконтурної схеми регулювання.

Припустимо, що оператор має витримувати технічні параметри системи в заданих межах. Один із цих технічних параметрів, незалежно від дій оператора, почав відхилятися від заданого значення p_0 до значення p_1 , що розглядається як порушення в роботі системи. Інформація про це порушення з'явиться на приладах за час t_1 , який зумовлений інерційністю системи вимірювання. Для її знаходження, сприйняття, оброблення і прийняття рішення операторові необхідний певний час t_2 . Крім цього, для виконання певних керуючих дій теж потрібен певний час – t_3 , а для їхнього тривання в системі з метою приведення цього параметра в норму також необхідний певний час – t_4 . Таким чином, проходження інформації по контуру управління визначається сумарним часом затримки інформації в окремих складових системи «людина – машина». Час проходження інформації в технічних частинах СЛМ (t_1 і t_4) зумовлений технічними характеристиками системи. Час, необхідний на сприйняття інформації, прийняття рішень і виконання керуючих дій (t_2 і t_3), залежить від самого оператора, цілей та умов його діяльності:

$$T_n = t_1 + t_2 + t_3 + t_4.$$

Таким чином, оператор керує системою і регулює її роботу відповідно до певної програми, яка має часові характеристики. Виконання цієї програми залежить від технічних характеристик системи, які зумовлюють зовнішні, технічні, часові обмеження. Крім того, людині-оператору притаманні свої, внутрішні, психофізіологічні властивості, які теж зумовлюють певні часові обмеження. Ці внутрішні обмеження можуть змінюватися залежно від функціонального стану оператора. Ось чому досягнення однієї і тієї ж мети відбувається порізно не тільки у різних операторів, але і в одного й того ж.

За конкретних умов діяльності певний оператор може, не відчуючи напруження, витратити мінімальний час на знаходження, сприйняття, перероблення інформації і прийняття рішень (t_{2min}), а також на введення цього рішення у систему через керуючі дії (t_{3min}). За таких умов час циклу регулювання буде мінімальним.

Критерієм швидкодії є час вирішення задачі, тобто час від моменту реагування оператора на надходження інформації до моменту

закінчення керуючих дій оператора. Звичайно, цей час прямо пропорційний кількості інформації, що переробляється оператором:

$$T_{on} = a + bH,$$

де a і b – константи, що мають певний фізичний зміст: a – прихований час реакції, який залежить від модальності сигналу і приблизно дорівнює 0,2 с; b – величина, яка зворотна швидкості перероблення інформації оператором і дорівнює 0,15 ... 0,35 с / біт; H – кількість інформації в бітах.

Тривалість циклу регулювання становить

$$T_u = t_{nep} + \sum_{i=1}^n t_i,$$

де t_i – час затримки інформації у i -й ланці машини, а n – кількість ланок машини.

При заданому T_u і відомих t_i (паспортні дані технічних пристроїв) від оператора вимагають такої швидкодії:

$$t_{nep} \leq T_u - \sum_{i=1}^n t_i.$$

З іншого боку, T_{on} можна визначити як суму часу кожного з етапів перероблення інформації, прийняття рішень і здійснення керуючих дій – t_2 і t_3 .

Таким чином, часові характеристики діяльності оператора в інженерній психології можуть застосовуватись як такі дані:

- показник часових обмежень;
- показник швидкості перебігу нервових процесів;
- характеристика процесу навчання;
- характеристика узгодженості складових СЛМ.

Точність роботи оператора – це відповідність його дій заданій програмі. Програма роботи може задаватися у вигляді послідовності дій і у вигляді результату, якого потрібно досягти. Але в процесі діяльності операторові доводиться враховувати численні зміни, які доповнюють і уточнюють програму, потребують нових критеріїв оцінок. Завдяки цьому в оператора складається досить конкретна система уявлень про показники діяльності системи, яка формує певний образ-еталон, згідно з яким він організовує свою діяльність і підтримує необхідну точність у процесі реалізації програми.

У реальному процесі управління, хоч би як ідеально він був організований, результати дій оператора, а також показники роботи техніки неодмінно мають деякі відхилення від заданих програмних значень, які називають похибками. Поки похибка перебуває в допустимих межах, визначених правилами, інструкціями, програмами тощо, це нормальне явище, і воно принципово не впливає на функціонування системи в цілому. Коли ж похибка перевищує встановлені значення, то це вже порушує нормальну роботу системи, і її кваліфікують як помилку.

Усі похибки операторів і приладів поділяють на систематичні та випадкові.

Систематичні похибки виникають у разі впливу постійно і однаково діючих чинників, які при значній кількості вимірювань багаторазово повторюються. В оператора вони з'являються через такі причини:

- невиконання правил вимірювання;
- невиконання правил оцінювання результатів;
- індивідуальні недоліки, пов'язані з професійними і особистісними якостями.

Систематичні похибки оператора можна зменшити або зовсім ліквідувати шляхом його навчання, створення спеціальних таблиць поправок або внесення певних змін у конструкцію самих приладів.

Випадкові похибки спричинені впливом чинників нестабільної дії, появу яких складно передбачити. Для операторів це, як правило, – довкілля або їх фізичний чи психічний стан. Випадкові похибки людини й техніки ліквідувати неможливо, втім, їх можна зменшити, забезпечивши належну підготовку оператора, сприятливі умови його діяльності, технічне вдосконалення приладів.

Характеристика точності, як і час реагування (швидкодія), відображає ступінь узгодженості техніки з психофізіологічними можливостями людини.

Точність є одним із показників якості діяльності оператора. Вона свідчить про те, якою мірою вдається йому забезпечувати параметри роботи системи відповідно до заданої програми. Показник точності в інженерній психології застосовують для оцінювання перебігу розвитку психічних процесів та їхніх результатів, впливу різних чинників на ефективність діяльності операторів, особливостей психічних і фізичних станів операторів, їхніх індивідуальних розбіжностей.

Надійність системи характеризується її здатністю зберігати необхідну якість функціонування у заданих умовах роботи. Тому надійність людини-оператора – це властивість, яка характеризує його здатність безвідмовно працювати відповідний інтервал часу в заданих умовах діяльності.

При оцінюванні надійності оператора необхідно передусім визначити, що розуміють під відмовою оператора. Про це вже йшлося, коли ми розглядали показник точності роботи оператора і, зокрема, різні види похибок.

Відмову людини-оператора розглядають в інженерній психології як невиконання чи несвоєчасне виконання нею необхідних дій або таке зниження якості їх виконання, при якому неможливе досягнення поставленої мети. Відмова людини-оператора кваліфікується за результатом, і це має принципове значення, адже людина має досить великі компенсаторні можливості, завдяки яким вона своєчасно може змінювати програму дій, ліквідовуючи або зменшуючи негативні наслідки своїх помилок.

Самі відмови оператора поділяють на такі:

- активні та пасивні, які в першому випадку пов'язані з неправильним сприйманням інформації або виконанням дій, а в другому – з помилками пам'яті, уваги тощо;
- раптові та поступові, коли відмова виникає стрибкоподібно або поступово накопичується;
- явні та неявні: перші мають безпосередній прояв, другі – через деякий час або через інші системи.

Для оцінювання та прогнозування діяльності оператора використовують такі показники:

- час роботи оператора між двома відмовами;
- кількість відмов за даний проміжок часу.

Показники своєчасності й точності роботи характеризують тільки окремі її результати, але не відображають діяльність людини в цілому. Повніше діяльність оператора визначається ступенем стабільності дотримання цих показників у різних видах і умовах діяльності. Це і є характеристика надійності роботи людини-оператора.

Таким чином, надійність характеризується безпомилковою роботою оператора і визначається ймовірністю правильного вирішення задач. Для її підрахунку використовують таку формулу:

$$P_{\text{он}} = m / N,$$

де m – кількість правильно вирішених задач, N – кількість вирішених задач.

За В. Д. Нібиліциним, надійність людини-оператора зумовлена трьома основними чинниками:

- ступенем інженерно-психологічної узгодженості техніки з психофізіологічними можливостями оператора;

- рівнем професіоналізму й підготовленості оператора;
- психофізіологічними даними, зокрема особливостями нервової системи, порогами чутливості, особистісними властивостями, станом його здоров'я.

Між надійністю оператора і технічних систем у СЛМ існує доволі складний взаємовплив. Як машина, так і оператор можуть кожен окремо виводити систему з ладу. Крім цього, машина може провокувати відмови оператора, і людина, в свою чергу, теж може своїми діями «доводити» машину до відмови. Але тільки людина здатна прогнозувати відмови, а в разі їхнього виникнення – знаходити й ліквідувати причини, підтримуючи вихідні параметри системи в заданих межах.

Розділ 4. ІНФОРМАЦІЯ В СИСТЕМІ «ЛЮДИНА – МАШИНА»

4.1. Загальне поняття про інформацію

Для опису і оцінки діяльності людини-оператора з перероблення інформації у СЛМ застосовують ідеї, поняття й математичний апарат теорії інформації.

Застосування теорії інформації в інженерній психології зумовлене впливом на діяльність людини невизначеності (ентропії) процесів та об'єктів управління.

Теорія інформації – це наука, що вивчає закономірності одержання, перероблення, зберігання та передавання інформації. Інформацію визначають як функцію відношення кількості можливих відповідей до і після її отримання, тобто функцію відношення апостеріорної імовірності події до її апіорної імовірності

$$I = f(P_1 / P_0),$$

де I – кількість інформації; P_0 – ймовірність події до приймання інформації; P_1 – ймовірність події після приймання інформації.

Інформація в інженерній психології – це будь-які зміни в процесі управління СЛМ, які відображаються певними засобами, сприймаються людиною-оператором, а також команди і вказівки про необхідність того чи іншого впливу на процес управління.

Будь-яке повідомлення – це сукупність відомостей про систему, а стосовно діяльності оператора – це сукупність зорових, акустичних, тактильних та інших сигналів, які сприймаються в певний момент, а також зберігаються в пам'яті оператора. Повідомлення набуває смис-

лу (містить певну кількість інформації), коли мало що відомо про стан системи, тобто система має певний ступінь невизначеності. Мірою невизначеності фізичної системи є поняття ентропії.

Невизначеність системи зменшується при отриманні певних відомостей про систему, і відповідно зменшується її ентропія.

Якщо апіорна ентропія системи була I_0 , а після отримання повідомлення – I_1 , то кількість одержаної інформації

$$I_x = I_0 - I_1.$$

Якщо в разі отримання відомостей стан системи став цілком визначеним $I_1 = 0$, то кількість отриманої інформації дорівнює ентропії системи:

$$I_x = I_0.$$

За одиницю кількості інформації беруть таку її кількість, яку отримано під час вибору з двох рівноймовірних станів системи. Її вимірюють у подвійних одиницях інформації, або бітах. Тобто 1 біт – це ентропія системи, яка має два рівноймовірних стани. При цьому кількість інформації, з якою працює людина, характеризує ступінь складності завдання, що вирішується.

4.2. Приймання інформації оператором

Передавання інформації у СЛМ показано на рис 4.1.



Рис. 4.1. Передавання інформації у СЛМ

Згідно із цією схемою, людина-оператор отримує інформацію не безпосередньо від джерел повідомлення, а через інформаційну модель, і тому ця інформація може суттєво відрізнитися від вхідної внаслідок перекодування та можливостей технічних засобів. Це по-перше. По-друге, кількість інформації може зменшуватися через вплив перешкод ($I_{пер}$) й збільшуватися завдяки додатковій інформації ($I_{дод}$). Остання складається з даних, що зберігаються в пам'яті людини, а також тих, що впливають з окремих розрахунків оператора,

перевірки ним деяких логічних умов тощо. У цьому разі загальна кількість інформації буде такою:

$$I_3 = I_x + I_{\text{дод}} - I_{\text{пер}}.$$

Отже, застосування теорії інформації в практиці інженерно-психологічних досліджень дає змогу:

- оцінити ступінь складності діяльності оператора;
- спрогнозувати час, необхідний операторові для перероблення інформації;
- визначити темп подавання інформації.

В автоматизованих системах оператор не може безпосередньо наглядати за об'єктом і тому отримує інформацію за допомогою інформаційних моделей (рис. 4.1), які характеризують властивості реальних об'єктів, а також особливості їхнього взаємозв'язку.

Інформаційна модель – це організоване згідно з визначеною системою правил відображення реального об'єкта, систем його управління, зовнішнього середовища та засобів впливу на їхній стан через процес управління.

Ця модель складається з приладів, сигналізаторів, утворюючи певне «операторське поле», на базі якого виникають і функціонують основні психічні процеси.

Робота оператора з інформаційною моделлю характеризується такими особливостями.

Працюючи з інформаційними моделями, оператор зіставляє інформацію, отриману з приладів, екранів, табло тощо, а також співвідносить її з реальним об'єктом, формуючи при цьому так званий «оперативний образ» об'єкта.

У процесі зіставляння отриманої інформації з реальним об'єктом відбувається її декодування. Наприклад, пілот за показниками висотоміра оцінює висоту польоту. У процесі співвідношення отриманої інформації з реальним об'єктом оператор має змогу дістати додаткову інформацію, тобто формувати судження про параметри системи, які не були відображені в даній моделі. Працюючи з оперативними образами об'єкта, оператор може передбачати його можливий стан і надходження відповідної інформації.

Знання особливостей взаємозв'язку різної інформації, а також робота з оперативними образами дають змогу операторові працювати в умовах перешкод. Він може уявити собі рух об'єкта навіть тоді, коли перешкоди в його відображенні заважають отримувати необхідну інформацію.

Таким чином, за допомогою інформаційної моделі оператор може скласти уявлення про стан об'єкта як за інформацією, що в ній міститься, так і за інформацією, яка може бути реконструйована з моделі. На базі цієї інформації оператор не тільки визначає стан об'єкта, але й передбачає динаміку його розвитку. До того ж інформаційна модель містить усі основні відомості, необхідні операторові для визначення необхідних дій, і тому ця модель є засобом розвантаження його пам'яті. Оператор у будь-який час може звернутися до приладів інформаційної моделі й отримати інформацію, не запам'ятовуючи значення усіх контрольованих параметрів об'єкта.

Слід зауважити, що обсяг інформації, яку може отримати оператор з інформаційної моделі, збільшується з накопиченням практичного досвіду. Працюючи із системою, оператор розкриває в ній нові зв'язки, особливості впливу параметрів середовища, закономірності в діях засобів відображення інформації й органів управління, що в цілому сприяє прогнозуванню розвитку процесів у системі.

Інформаційна модель забезпечує надходження інформації не тільки зорової, але й інших модальностей. Передавання інформації може передбачатися конструкцією самої моделі або виникати незалежно від неї. При цьому інформаційна модель має не повторювати реальний об'єкт, але відображати тільки ту інформацію, яка потрібна операторові для вирішення оперативних завдань, тобто відповідати перцептивним і мисленневим особливостям його діяльності.

Крім цього, до функцій інформаційної моделі належить і послідовність вирішення завдань оператором, аналіз діяльності якого свідчить про те, що при розв'язанні типових задач управління він не завжди декодує інформацію, співвідносячи її з реальними параметрами об'єкта.

Таким чином, інформаційна модель стає центральним стрижнем, навколо якого організується уся управлінська діяльність оператора в СЛМ.

У сучасних автоматизованих системах управління оператор приймає рішення і діє, враховуючи не тільки інформацію, яку отримує з інформаційних моделей, але й свій попередній досвід.

Дані, отримані з інформаційної моделі, а також додаткова інформація досвіду оператора формують концептуальну модель, яка зумовлює його подальшу діяльність.

Концептуальна модель – це сукупність уявлень людини-оператора про стан об'єкта, його систем і зовнішнього середовища, яка виникла на базі інформаційної моделі, нагромаджених знань і досвіду самого

оператора. Це суб'єктивне відображення стану системи у свідомості оператора.

Концептуальна модель відображає потреби людини, систему переконань, професійні якості, тобто все її відношення до завдання, що вирішується, а також і до світу людей та речей, що її оточує. Це і визначає концепцію діяльності оператора.

Отже, інформаційна модель зумовлює тільки частину змісту концептуальної моделі, а саму концептуальну модель не можна вважати похідною від інформаційної моделі. На базі концептуальної моделі приймають рішення з управління СЛМ. Особливості завдання з управління СЛМ спрямовують усі дії оператора щодо пошуку необхідної інформації. Аби визначити поточну ситуацію в системі управління, недостатньо тільки сприйняти і перекодувати відомості, які передають за допомогою приладів інформаційної моделі. Потрібно ці окремі відомості поєднати в єдину логічно пов'язану структуру. Для цього оператор має володіти необхідними знаннями про закономірності зв'язків окремих характеристик системи, динаміку їхнього розвитку і виявлення на інформаційній моделі.

Актуалізація професійного досвіду допомагає операторові спрогнозувати розвиток ситуації управління. Визначення динаміки трансформації концептуальної моделі в цьому сенсі дуже важливе, оскільки дає змогу обирати необхідні засоби відображення інформації (ЗВІ); розташовувати їх певним чином для побудови конкретної інформаційної моделі. Одна і та сама інформаційна модель може служити основою появи різних концептуальних моделей, залежно від вирішуваного завдання й індивідуально-психологічних особливостей і досвіду оператора.

Усвідомлення концептуальної моделі, тобто функціональних зв'язків, властивих об'єктові, дає змогу її використовувати як засіб контролю достовірності показників інформаційної моделі. Завдяки цьому оператор має можливість критично ставитися до показників контрольних приладів і виявляти хибні показники окремих із них. Концептуальна модель може варіюватися залежно від змін в інформаційній моделі або в разі отримання додаткової інформації, тому що до неї входять образи реальної ситуації, майбутньої і тієї, що мала місце в минулому, як і програма переходу від реального стану до майбутнього. Тому проектування та побудова інформаційних моделей – одне із найважливіших завдань інженерної психології, для вирішення якого необхідні психофізіологічні характеристики діяльності оператора.

Сама діяльність оператора в СЛМ може бути наведена у вигляді таких чотирьох основних блоків, як приймання інформації, оцінювання

та перероблення інформації, прийняття рішень, реалізація прийнятих рішень.

Перші два етапи інколи називають «етапами отримання інформації», а два останні – «етапами її реалізації». На етапі приймання інформації відбувається сприймання інформаційної моделі, а на етапі оцінювання та перероблення – її декодування та створення певної концептуальної моделі, яка служить основою прийняття рішень і здійснення ефективних керуючих дій оператором.

4.3. Психофізіологічна характеристика процесу прийому інформації. Енергетичні й інформаційні характеристики зорового аналізатора. Характеристики слухового аналізатора

Фізіологічною основою формування перцептивного образу є робота аналізаторів, які складаються з трьох основних частин: рецептора, провідних нервових шляхів та центральної частини кори головного мозку. Між рецептором і мозком існує прямий та зворотний зв'язок, тобто рецептор виконує функції як кодування, так і декодування інформації.

У психології виділяють такі загальні характеристики аналізаторів:

- чутливість;
- адаптивність;
- вибірковість.

Чутливість основних аналізаторів до дії фізичних і хімічних подразників є досить значною та різною й характеризується абсолютним, диференціальним (табл. 4.1) та оперативним порогоми.

Мінімальна сила подразника, що викликає ледь помітне адекватне відчуття, називається *нижнім абсолютним* порогом чутливості даного аналізатора, а максимальна – *верхнім* абсолютним порогом чутливості. Подальше зростання сили подразника викликає вже більшу реакцію.

Величина, обернено пропорційна нижньому абсолютному порогові, характеризує абсолютну чутливість аналізатора E :

$$E = 1 / I_n,$$

де I_n – порогова величина аналізатора.

Сам процес чуттєвого пізнання сигналу можна поділити на чотири етапи:

- подразнення як фізичний процес;
- збудження як фізіологічний процес;
- суб'єктивне відчуття стимулу як психологічний процес;

- судження про стимул як логічний процес.

Таблиця 4.1

Характеристики порогів чутливості різних аналізаторів

Аналізатор	Абсолютний поріг		Диференціальний поріг		Ступінь використання у технічних системах
	одиниці вимірювання	приблизна величина	одиниці вимірювання	приблизна величина	
Зоровий	лк	4...10	лк	0,6...1,5	90,0
Слуховий	дин/см ²	0,0002	дБ	0,3...0,7	1,0
Тактильний	мг/мм ²	3...300	мг/мм ²	0,07	0,5
Смаковий	мг/л	10...10000	мг/л	0,2	—
Нюховий	мг/л	0,001...1	мг/л	0,16...0,50	—
Кінестетичний	кг	—	кг	0,02...0,09	—
Вестибулярний	м/с ²	0,1...0,12	—	—	—
Температурний	°С	0,2...0,4	°С	0,03...0,09	—

Знаходження стимулу відбувається внаслідок перетворення процесу збудження у процес відчуття та його усвідомлення. Для того, щоб стимул викликав процес його відчуття, необхідно створити такий рівень фізичного подразнення рецептора, при якому фізіологічне збудження аналізатора перевищуватиме його внутрішні біологічні шуми.

За допомогою аналізаторів людина може не тільки відчувати той чи інший сигнал, але й розрізнати його за інтенсивністю. Для цього вводять поняття диференціального порога, який характеризується мінімальними відмінностями відчуттів при відображенні інтенсивності двох подразників.

Поняття диференціального порога має велике значення у психофізиці та експериментальній психології, але є недостатнім для інженерної психології. Диференціальний поріг характеризує граничні можливості аналізатора і тому не може бути використаний у процесі визначення алфавіту сигналів. Для цього застосовують не мінімальну, а оптимальну величину розрізнення сигналів. Така величина дістала

назву *оперативного порога*, тобто це мінімальна розбіжність сигналів, за якої швидкість і точність розрізнення є максимальними.

Дослідженнями, проведеними під керівництвом М. А. Дмитрієвої, було доведено, що ця величина більша за диференціальний поріг у 10 – 15 разів [9].

Адаптивність визначається можливостями зміни чутливості аналізатора при змінах умов його роботи. У процесі адаптації змінюються енергетичні, часові та просторові пороги внаслідок того, що аналізатор є системою, яка самоналаштовується.

Вибірковість аналізатора виявляється у виборі певних подразників з усіх, що діють на той момент. Завдяки цьому є можливість формування адекватних відчуттів, що забезпечують досить високу стійкість до перешкод.

Розглянувши характеристики аналізатора (див. табл. 4.1), можна скласти загальні вимоги до сигналів-подразників, які надходять до оператора:

- інтенсивність сигналу не має перевищувати меж середнього діапазону чутливості аналізатора;
- різниця між сигналами має бути більшою від оперативного порога чутливості за інтенсивністю, часом і простором;
- найважливіші сигнали не можуть виходити за зони сенсорного поля з найбільшою чутливістю;
- при проектуванні інформаційних моделей або окремих індикаторів необхідно правильно обирати вид сигналу і, відповідно, модальність аналізатора (зорового, слухового, тактильного) різних властивостей та діапазону використання.

Найбільша кількість інформації (близько 90 %) передається через зоровий аналізатор, адекватними подразниками для якого є світлова енергія, а рецептором – око. Зір дає змогу сприймати форму, яскравість, колір і рух об'єктів. Можливості зорового аналізатора визначаються його енергетичними, просторовими, часовими та інформаційними характеристиками (рис. 4.2).

Для забезпечення нормальної роботи оператора необхідно знати, який контраст має зображення в системі відображення інформації за конкретних умов. Для цього вводиться поняття *порогового контрасту*.

$$K_{\text{пор}} = \frac{dB_{\text{пор}}}{B_{\Phi}},$$

де $dB_{\text{пор}}$ – порогова різниця яскравості, тобто мінімальна різниця яскравості між об'єктом і фоном, яка відчувається оком. Величина $K_{\text{пор}}$

визначається диференціальним порогом. Робота в прямому контрасті більш сприятлива, ніж у зворотному.

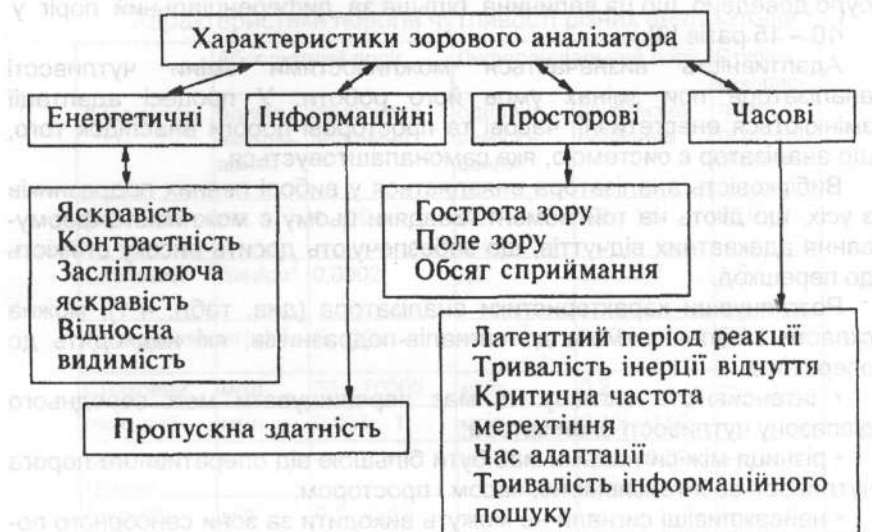


Рис. 4.2. Збереження та перероблення інформації оператором

Нагадаємо, що величина оперативного порога має бути в 10 – 15 разів більше за диференціальний поріг, тобто коефіцієнт контрасту K_p чи $K_{зв}$ має бути в 10 – 15 разів більшим за диференціальний поріг.

Значний вплив на ефективність сприймання інформації має характер зовнішнього освітлення. Цей вплив буде іншим при роботі оператора з інформацією, що подається у прямому чи зворотному контрасті. Збільшення освітлення у разі прямого контрасту поліпшує умови сприймання інформації, оскільки яскравість фону зростає більше, ніж яскравість об'єкта, а при зворотному контрасті – навпаки.

Таким чином, для створення нормальних умов зорового сприймання інформації необхідно забезпечити певну яскравість і контрастність сигналів, а також рівномірність розподілу яскравостей у полі зору оператора.

Просторові характеристики зорового аналізатора залежать від гостроти зору, поля зору і обсягу сприймання. *Гострота зору* характеризується властивістю ока розрізняти дрібні деталі об'єкта.

Вона визначається величиною, еквівалентною тому мінімальному розмірові об'єкта, при якому він розрізняється оком. Розмір об'єкта виражається в кутових величинах, які пов'язані з його лінійними розмірами таким співвідношенням:

$$h = 2l \operatorname{tg}(\alpha / 2),$$

де l – відстань до об'єкта; h і α – відповідно лінійний і кутовий розміри об'єкта (рис. 4.3).

Нормальним вважається зір, при якому людина розрізняє об'єкти величиною $1'$. Гострота зору характеризує абсолютний просторовий поріг зорового аналізатора.

Оператор має працювати на рівні оперативного порога, в якому кутовий розмір об'єкта буде не менший, ніж $15'$ – для об'єктів найпростішої форми, а для складних об'єктів цей розмір має бути в межах $30 \dots 40'$. Це розмір знака та інших елементів зображення об'єкта, які мають зовнішні та внутрішні деталі.

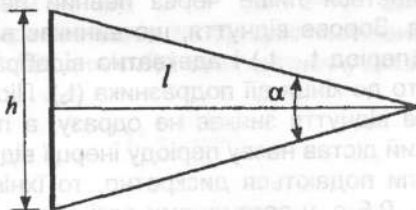


Рис. 4.3. Співвідношення лінійних і кутових розмірів об'єкта

Поле зору умовно поділяють на три зони:

- центральне поле дорівнює 4° , де повніше розрізняються всі деталі об'єкта;
- поле ясного бачення дорівнює $30 \dots 35^\circ$, де не розрізняються малі деталі об'єкта;
- периферійне поле дорівнює $75 \dots 90^\circ$, в якому об'єкт тільки виявляється, але не розпізнається.

Часові характеристики зорового аналізатора визначаються часом та його складовими, необхідними для виникнення зорового відчуття і сприймання потрібної інформації в певних умовах роботи оператора. Латентний період – це час до виникнення відчуття з початку подавання сигналу. Залежить він від потужності подразника, його значущості,

складності роботи і віку оператора, його індивідуально-типологічних характеристик. У середньому для людини він становить 150...240 мс.

Розглянемо часову діаграму роботи зорового аналізатора (рис. 4.4).

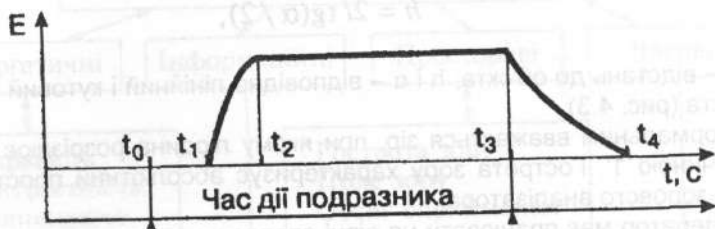


Рис. 4.4. Часова діаграма роботи зорового аналізатора

Упродовж періоду часу $t_0...t_3$ діє подразник, втім, зорове відчуття починається лише через певний період $t_0...t_1$, тобто латентний період. Зорове відчуття, що виникає в момент t_1 , поступово розвивається (період $t_1...t_2$) і адекватно відображає сигнал протягом часу $t_2...t_3$, тобто до кінця дії подразника (t_3). Після закінчення дії подразника зорове відчуття зникає не одразу, а поступово «згасає» за період $t_3...t_4$, який дістав назву періоду інерції відчуття.

Якщо сигнали подаються дискретно, то їхній період має бути не менший за 0,2...0,6 с, у противному разі образи попереднього та наступного сигналів накладатимуться один на інший.

Критична частота мерехтіння (КЧМ) — це частота, за якої відбувається злиття поточних образів подразників у єдиний образ об'єкта, тобто окремі пробіски сигналу сприймаються сукупно. КЧМ залежить від яскравості й спектрального складу сигналу, його розмірів і конфігурації знаків. За нормальних умов спостереження КЧМ становить 15...25 Гц, при втомі вона знижується. Якщо мерехтіння застосовують для кодування інформації (привертання уваги оператора), треба мати на увазі, що зорова втома буде найменшою при частоті 3...8 Гц.

Тривалість інформаційного пошуку. Значну роль у процесі сприймання сигналу і об'єктів відіграють рухи очей. Це дає змогу розглядати сприймання як дію, спрямовану на пошук джерела сигналу і обстеження об'єкта для побудови його образу.

Рухи очей поділяють на дві групи:

- пошукові, настановчі;

• гностичні, пізнавальні.

Для реєстрації руху очей використовують різні методики – від кінозйомки до методу електроокулографії (ЕОГ) [15].

Одним із основних каналів передавання інформації операторові є звукові сигнали, завдяки яким він отримує до 10% її обсягу. При відображенні цих сигналів у людини виникають відчуття, спричинені дією звукової енергії на слуховий аналізатор.

Слуховий аналізатор складається з вуха, слухового нерва, складної системи нервових зв'язків і мозкових центрів людини. Вухо сприймає окремі частоти звуків завдяки функціональній здатності волокон його мембрани до резонансу. Джерелом звукових хвиль може бути будь-який процес, який спричиняє зміни тиску або механічну напругу в середовищі. Основні характеристики звукових коливань – амплітуда (інтенсивність), частота й форма звукових хвиль – відображаються у таких слухових відчуттях, як гучність, висота й тембр.

Інтенсивність звуку оцінюється звуковим тиском і виражається у динах (ергах) на квадратний сантиметр. Діапазон тиску, який відчуває вухо людини, значний – від $2 \cdot 10^{-4}$ до $2 \cdot 10^2$ дин/см²; а сама інтенсивність звуку виражається в логарифмічних одиницях щодо початкового рівня ($I_0 = 2 \cdot 10^{-4}$ дин/см²) і вимірюється у децибелах (дБ):

$$U = \frac{10 \lg I}{I_0},$$

де I – потужність конкретного сигналу.

Частота звукових коливань виражається в герцах (1 герц – це частота звукових коливань, період яких дорівнює 1 с). Діапазон частот, який сприймає вухо людини, становить від 16 до 20 000 Гц. Особливе значення він має у межах 200...3500 Гц, що відповідає спектрові людської мови.

Усі звуки поділяють на прості й складні. Коливання з однією частотою – це прості звуки, або чисті тони. Всі інші розглядають як складні. Нерегулярні звукові коливання називають *шумом*. Окремо виділяють так званий білий шум – звук, що вміщує всі чутливі частоти.

Суб'єктивно інтенсивність відчувається як *гучність* і виражається у фонах. Фон кількісно дорівнює звуковому тиску для чистого тону частотою 1000 Гц.

Абсолютні порогови слухового аналізатора залежать від частоти звукового сигналу. Значення нижнього та верхнього абсолютного порогів, а також «зона» мови показані на рис. 4.5.

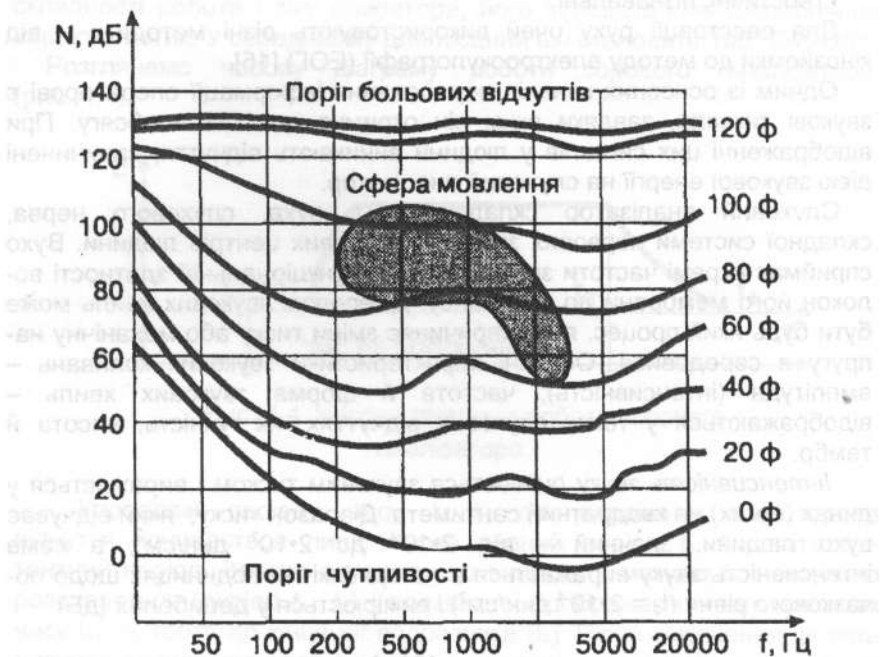


Рис. 4.5. Абсолютні пороги слухового аналізатора

Верхній абсолютний поріг становить 120...130 дБ, а «зона» мови – 60...100 дБ. Крім того, людина оцінює різні за інтенсивністю звуки як рівні за гучністю, навіть якщо їхні частоти відрізняються. Наприклад, тон з інтенсивністю 120 дБ і частотою 10 Гц оцінюють як такий, що дорівнює за гучністю тону з інтенсивністю 100 дБ і частотою 1000 Гц.

Для оцінювання якості сигналу його мінімальна тривалість має бути 20...50 мс, при меншій – звук сприймають як клацання, тобто не розрізняють ані висоту тону, ані його гучність. Крім того, на диференціювання двох звуків за частотою й інтенсивністю впливає не тільки їхня тривалість, але й тривалість інтервалів між ними.

Акустичний аналізатор забезпечує також відображення розміщення сигналу в просторі щодо його отримувача. Коротка відстань, близько 1...2, оцінюється з точністю до 0,1 м. Зі збільшенням відстані до 3 м точність підвищується і становить уже 0,05 м. Із зростанням відстані

понад 4 м точність зменшується, але все ж таки вона більша, ніж при двометровій відстані.

Важливу роль в оцінюванні відстані до джерела сигналу відіграють його гучність і частота. Сигнал, гучність якого збільшується, сприймають як такий, що наближується, і навпаки. Відомо, що з наближенням джерела сигналу до його отримувача частота звукових коливань збільшується, а з віддаленням – зменшується (ефект Допплера). Це відображується у слухових відчуттях, а саме у формі зміни висоти звуку або його тембру. Більш тембрований (складна форма висоти) звук оцінюють як більш віддалений.

Бінауральний ефект допомагає визначити положення джерела звуку за рахунок різниці часу надходження звукових коливань до правого та лівого вух людини.

Ось чому людина найкраще ідентифікує положення джерела сигналу, стоячи до нього перпендикулярно, тобто коли джерело сигналу знаходиться справа або зліва на 90° від осі її зору.

Сприйняття мовних повідомлень. Знання характеристик мовних повідомлень використовують при вирішенні основних завдань: розроблення апаратури для передавання повідомлень та організації самих повідомлень з урахуванням психофізіологічних і психологічних можливостей людини. У сучасних СЛМ все частіше застосовують мовний зв'язок між людиною та машиною. Розвиток синтетичної телефонії потребує знань залежності сприймання мовних повідомлень від акустичних характеристик сигналу, визначення їх розбірливості в умовах шуму, а також пошуку шляхів підвищення розбірливості повідомлень.

Мова є комбінацією складних звуків, які змінюються за частотою й інтенсивністю. Найбільш високою інтенсивністю характеризуються голосні звуки, менш інтенсивними є приголосні. Інтенсивність звуку з переходом від найгучнішого голосного до найтихішого приголосного змінюється на 30...40 дБ. Загальний діапазон інтенсивності мови становить 60...100 дБ.

На ефективність сприймання мови впливає тривалість вимовлення окремих звуків та їхніх комбінацій. Тривалість вимовлення голосного звуку дорівнює 0,35 с, а приголосного – коливається в межах 0,02...0,03 с.

При сприйманні повідомлень має значення тривалість інтервалів між словами, фразами, реченнями. Недотримання пауз або їхнє неправильне розташування призводить до викривлення смислу самого повідомлення. До того ж треба враховувати тривалість процесу декодування сигналу, який, залежно від рівня підготовки оператора може функціонувати на різних рівнях [15]. Все це зумовлює темп по-

давання інформації, що вважається оптимальним за швидкості 120 слів за хвилину.

Для того, аби мовні звуки були зрозумілими, їхня інтенсивність має переважати інтенсивність шумів на 6 дБ, але їх можна виявити і в тому випадку, коли інтенсивність сигналу менша за інтенсивність шуму теж на 6 дБ. Якщо пропорційно підвищувати інтенсивність сигналу та шуму, то розбірливість повідомлення зростатиме до певної межі, після якої спостерігатиметься її зниження.

Мова, крім акустичних, має й інші характеристики. Слово наділене фонетичною, фонематичною, складовою, морфологічною формою і при цьому має певне смислове навантаження. Важливим чинником, що впливає на сприйняття слів, є їхня частотна характеристика. Чим частіше вживають слово, тим краще його впізнають на фоні шумів, що відбувається через створення більш стабільних його еталонів.

У сприйманні окремих слів суттєву роль відіграють фонетичні характеристики, а вже у сприйманні речень перше місце посідають синтаксичні залежності. Слухач схоплює синтаксичний зв'язок між словами, і це допомагає йому відновити повідомлення, яке було зруйновано шумом. Так, односкладові слова правильно аудіюються лише в 12,5% випадків, а шестискладові – в 40,6%. Слово, що має більше складів, має і більшу кількість розпізнавальних ознак, що забезпечує йому точніше аудіювання. У сприйманні фраз слухач починає орієнтуватися не на окремі елементи, а на весь складний граматичний каркас.

На точність аудіювання впливають довжина та глибина фрази на фоні «білого шуму» (відношення сигналу до шуму 10 дБ). Було доведено, що точність аудіювання суттєво не змінюється при довжині фрази до 11 слів. Зі збільшенням кількості слів точність різко знижується. Глибина фрази має коливатись у межах 7 ± 2 слів з урахуванням неоднозначності інтерпретації повідомлення («семантичний шум»). Відомо, що в разі сприйняття таких повідомлень операторові необхідно не тільки повторно звертатись до певних частин повідомлення, але й трансформувувати фрази.

Таким чином, можна стверджувати, що аудіювання – багаторівневий процес, в якому поєднані фонетичний, синтаксичний і семантичний рівні, і особливості його перебігу враховують при організації мовних повідомлень.

4.4. Збереження інформації оператором. Процеси пам'яті.

Характеристики оперативної пам'яті

За час своєї життєдіяльності людина постійно отримує інформацію,

яка фіксується в корі головного мозку образами зовнішнього світу. Ці елементи досвіду, які зберігаються та відтворюються залежно від вимог життя й специфіки діяльності людини, саме і формують індивідуальний досвід, утворюючи зміст пам'яті людини.

Пам'ять – це сукупність психічних процесів, що забезпечують організацію досвіду індивіда на основі тимчасового співвідношення теперішніх і наступних актів діяльності щодо її цілей і мотивів. Пам'ять – одна з найважливіших, конституювальних характеристик психічного, яка забезпечує єдність і цілісність людської особистості.

Діяльність пам'яті, як і інша психічна діяльність, характеризується певним предметним змістом: цілями, мотивами, умовами та засобами досягнення мети. До того ж зміст матеріалу теж впливає на вибір способу його запам'ятовування. Враховуючи, що діяльність оператора за своєю природою дуже багатопланова, форми виявлення його пам'яті теж різноманітні. Поділ пам'яті на окремі види має зумовлюватися особливостями діяльності оператора, в якій здійснюються процеси запам'ятовування та відтворення інформації [6].

За характером психічної активності пам'ять поділяють на рухову, емоційну, образну, словесно-логічну. За відношенням до компонентів структури діяльності (мотиви, цілі, засоби діяльності) – на мимовільну й довільну, механічну й смислову. За тривалістю закріплення і збереження матеріалу – на короткотривалу, довготривалу і оперативну. У своїй діяльності оператор користується всіма видами пам'яті, але, зважаючи на доволі жорстке узалежнення його діяльності від часових характеристик, детальніше розглянемо ці основні форми пам'яті.

Короткотривала пам'ять зберігає інформацію упродовж кількох секунд або хвилин. На основі експериментальних досліджень В. П. Зінченка, Г. Г. Вучетич, А. Б. Леонова, Ю. К. Стрелкова в системі короткотривалої пам'яті було виділено три основні гіпотетичні блоки зберігання інформації: сенсорна, первинна й вторинна пам'ять. Переведення інформації з одного блока в інший здійснюється за допомогою таких операцій, як фільтрація матеріалу, його впізнання, перекодування і повторення [14].

Сенсорна пам'ять фіксує інформацію у модально-специфічному вигляді, що дає змогу описувати об'єкти в термінах їхніх фізичних характеристик. Фізіологічним корелятом сенсорної пам'яті є інерційність загасання послідовного образу подразника.

Численні експериментальні дослідження доводять, що існують різні види сенсорної пам'яті: *зорова* (або *іконічна*), *слухова*, *рухова*, *нюхова*. Дослідження останніх років свідчать, що слухова сенсорна пам'ять може функціонувати як дві незалежні системи: для зберігання мовної інформації і для зберігання невербальних звуків [9]. Слід, який зали-

шається у сенсорній пам'яті, поступово згасає. Час його згасання залежить не тільки від модальності подразника, але й багатьох інших чинників. При цьому до них додається ще й чинник взаємовпливу слідів у самій сенсорній пам'яті. Серед ефектів взаємодії слідів виділяють пряме та зворотне маскування і пов'язані з ними ефекти пара- і метаконтрасту, послідовного стирання або накладання слідів [15].

Таким чином, час зберігання інформації в сенсорній пам'яті залежить від модальності й фізичних характеристик подразника, стану системи, що сприймає, та умов сприйняття самого стимулу. В середньому для іконічної пам'яті цей період становить 250...500 мс.

Короткотривала пам'ять слухова має місткість від 2 до 5 символів. Це свідчить про те, що основна закономірність обсягу короткотривалої пам'яті простежується і за значних змін інформаційного навантаження на символ.

Розглянуті закономірності обсягу короткотривалої пам'яті слід урахувати при передаванні інформації операторові. Якщо потрібно підвищити інформаційний обсяг інформації, яка утримуватиметься в короткотривалій пам'яті, варто застосовувати найбільш місткі символи, відібрані з великих за обсягом алфавітів. Але застосування таких алфавітів тоді має сенс, коли вони добре засвоєні людиною-оператором.

Обсяг короткотривалої зорової пам'яті, на відміну від слухової, містить чотири – шість символів [9].

Довготривала пам'ять зберігає інформацію для подальшого її використання. При переведенні інформації із короткотривалої до довготривалої пам'яті відбувається її подальша селекція та реорганізація. Обсяг довготривалої пам'яті оцінюється кількістю інформації в блоці, що запам'ятовується і вимірюється не кількістю символів, а подвійними одиницями. Обсяг довготривалої пам'яті, тобто інформація, засвоєна при одному повторенні матеріалу, становить від 5 до 20 подвійних одиниць, або 10 символів по 0,5 подвійні одиниці на символ, чи 1 символ, відібраний зі значного за довжиною алфавіту, з навантаженням – 20 подвійних одиниць інформації.

Слід зауважити, що застосування різних одиниць для вимірювання обсягу пам'яті по-різному залежить від кількості інформації, яка має три основні характеристики: невизначеність, вірогідність і різноманітність. Відносний обсяг пам'яті (обсяг пам'яті у відсотках відтвореного матеріалу до пред'явленого) продемонстрував обернену залежність від загальної невизначеності всього матеріалу, тобто від сумарної кількості всієї інформації, яку необхідно запам'ятати. Чим більше ця за-

гальна кількість інформації, тим менше інформації може відтворити людина.

Обсяг пам'яті у символах показав обернену залежність від ентропії сигналів. Чим більше розрізняються ймовірності появи різних символів одного й того ж алфавіту, тим менша середня інформація на символ, але кількість символів, яку може відтворити людина в одному повторенні, зростає.

Обсяг пам'яті у подвійних одиницях продемонстрував пряму залежність від різноманітності запам'ятовуваних символів. У подвійних одиницях він буде тим більшим, чим більшою буде довжина алфавіту. До речі, ця залежність зберігається і для короткотривалої пам'яті.

Зв'язок обсягу пам'яті з кількістю інформації більш тісний у тих випадках, коли кількість інформації зменшує сам суб'єкт завдяки активній розумовій та мнемонічній діяльності. Так, детальна інформаційна модель надає операторові всі подробиці про стан об'єкта управління. Аналізуючи цю інформацію, оператор приймає певне рішення, яке є результатом перероблення, зіставлення значної кількості інформації, логічного оброблення матеріалу, узагальнення даних тощо. При цьому загальна оцінка ситуації запам'ятовувань значно краща, ніж усі дані, на підставі яких вона була здійснена. У випадку застосування інтегральних інформаційних моделей інформація може подаватися у формі, яка вже не потребує запам'ятовування усіх деталей. Інтегральна модель звучує потік інформації до оператора і тим самим зменшує навантаження на його пам'ять. Але слід зауважити, що ту якісну інформацію, яку оператор вивів сам, він запам'ятає краще, ніж ту загальну оцінку, яку йому надасть інтегральна модель.

Оперативна пам'ять забезпечує вирішення поточних завдань оператором або виконання ним конкретних дій. Доведено, що ефективність діяльності оператора пов'язана з функціонуванням його пам'яті, яка також впливає і на пропускну здатність оператора. Основними характеристиками оперативної пам'яті є її обсяг, точність, швидкість запам'ятовування, термін зберігання інформації та особливості оперативних одиниць пам'яті. Обсяг оперативної пам'яті визначається кількістю сигналів (стимулів), що їх оператор запам'ятав після одного короткотривалого пред'явлення, і вимірюється оперативними одиницями, під якими розуміють образи або інші сполучення (поєднання) матеріалу, які конструюються під час активних дій оператора, спрямованих на вирішення ним конкретного завдання.

Точність оперативного запам'ятовування вимірюється за відтворенням у процесі вирішення завдань тих елементів, що необхідні для досягнення певної мети. Якість функціонування оперативної пам'яті залежить від різних умов перебігу самої

діяльності оператора. Важливе значення має засвоєння певної системи кодування інформації, множинності індикаційного об'єкта, ймовірності появи певного сигналу, а також характеру поточних станів і взаємозв'язку сигналів. Усі ці умови впливають на вибір способів перетворення тестового матеріалу для його оперативного запам'ятовування. Результатом цих перетворень є оперативні одиниці пам'яті різних рівнів – нижчого, проміжного і оптимального.

Одиниці нижчого рівня за обсягом – це мінімально можливі в даній діяльності одиниці, вони стійкі до перешкод і забезпечують досягнення певної мети.

Обсяг *одиниць проміжного рівня* вищий за рахунок перекодування елементів інформації у більш місткі символи, але точність запам'ятовування незначна.

Оперативні одиниці оптимального рівня забезпечують високу якість оперативного запам'ятовування – значний обсяг, високу точність і стійкість до перешкод.

Формування певного рівня оперативних одиниць пам'яті залежить від процесу навчання певного виду діяльності. Одиниці оперативної пам'яті оптимального рівня формуються при організації таких умов навчання, коли оператор самостійно виділяє необхідні якості або характеристики об'єкта, обробляє їх і трансформує, що сприяє вирішенню поставлених проблемно-теоретичних завдань. За допомогою прийомів перероблення та декодування інформації з'являється можливість формувати оптимальні оперативні одиниці пам'яті, що, в свою чергу, підвищує ефективність діяльності оператора. Слід зауважити, що формування таких одиниць можливе не в усіх операторів. Для цього необхідно мати певні психологічні якості й властивості (наприклад, когнітивні).

Підвищення якості роботи оперативної пам'яті можливе як шляхом раціональної побудови інформаційної моделі та пульта управління, так і завдяки організації процесу професійного відбору, навчання операторів і самої діяльності операторів. Значний вплив на ефективність пам'яті оператора має застосування додаткових засобів фіксування динамічної інформації – графіків, діаграм, схем тощо. Вибір конкретної графічної або текстової форми залежить від специфіки діяльності оператора.

Розділ 5. УХВАЛЕННЯ РІШЕННЯ В ДІЯЛЬНОСТІ ОПЕРАТОРА

5.1. Психологічні аспекти проблеми прийняття рішень

Процесами приймання інформації діяльність оператора не вичерпується: йому ще потрібно її проаналізувати і прийняти відповідне рішення щодо управління технічною системою.

Процес прийняття рішень може бути алгоритмізованим або пошуковим.

При алгоритмізованому процесі прийняття рішень робота оператора пов'язана з пошуком і оцінюванням заздалегідь відомих програм. При *пошуковому* – програма рішень операторові не відома, і вона створюється у процесі його трудової діяльності, тому оператор дуже часто обмежений у часі, і запізнення у прийнятті рішень розцінюють як помилку, що може призвести до ускладнення проблемної ситуації або до повного порушення роботи всієї системи. В цих випадках значну роль у діяльності оператора відіграють процеси мислення, основою яких є пошук і відкриття чогось нового.

Мислення – це активний процес відображення об'єктивного світу в людському мозку у формі суджень, понять і висновків. Розрізняють наочно-образне, словесно-логічне і оперативне мислення. Для діяльності оператора характерним є особливий тип мислення – оперативне мислення.

Оперативне мислення – це такий шлях вирішення практичних завдань, який здійснюється на основі моделювання оператором об'єктів трудової діяльності. У результаті цього формується суб'єктивна модель передбачуваної сукупності дій, що забезпечують вирішення поставленого завдання. Оперативне мислення охоплює виявлення проблемної ситуації та комплекс її розумових і практичних перетворень.

Оперативне мислення має ряд специфічних особливостей. По-перше, це – єдність процесів сприймання і осмислення ситуації, яка змінюється дуже швидко. Тому процес прийняття рішення зливається з процесом його виконання.

По-друге, велика відповідальність за прийняття рішення викликає значне емоційно-вольове напруження, тобто важливою ознакою оперативного мислення є те, що воно проходить в екстремальних умовах і пов'язане з глибокими переживаннями відповідальності. До того ж інформацію оператор отримує з інформаційних моделей, що вимагає її декодування, а це, в свою чергу, потребує від нього значної розумової активності. Функція декодування полягає в переведенні образу сигналу в оперативний образ об'єкта або керованого процесу. Звідси випливає, що оперативне мислення в основному є образним. Опера-

тивний образ виникає в результаті співвіднесення отриманої інформації з інформацією, яку зберігає в своїй пам'яті оператор. Оперативні образи характеризуються тим, що, по-перше, вони прагматичні, оскільки формуються у процесі дій з об'єктами, під час виконання конкретних практичних завдань і відповідно до них; по-друге, вони адекватні конкретній меті дії і, залежно від самого завдання, умов його виконання і психологічних особливостей людини-оператора, можуть змінюватися, залишаючись адекватними самому завданню управління; по-третє, вони впорядковані, тому що інформація в них структурно організована в єдиний комплекс, у якому окремі складові мають певний взаємозв'язок; нарешті, вони специфічні, адже відображають тільки ту інформацію, котра необхідна для розв'язування конкретного завдання.

Слід зауважити, що адекватність образу інформаційній моделі ще не означає його адекватності завданню, що вирішується, оскільки на базі однієї інформаційної моделі можуть виникати різні концептуальні моделі, які породжують різні оперативні образи. Неадекватність оперативного образу тій ситуації, яку він відображає, може зумовлюватися різними чинниками як зовнішнього, так і внутрішнього характеру. Це може бути недосконалість інформаційної моделі (її організація, низька ефективність застосування кодів, їх багатозначність тощо) або індивідуально-типологічні особливості оператора, його психічний та функціональний стани тощо.

Оперативні образи, що адекватні ситуації, лежать в основі прийняття оперативного рішення і тому є важливими регуляторами в системі предметної дії оператора. Більше того, за ускладнення умов ефективність використання оперативних образів значно зростає.

Виділяють три основні функції оперативного мислення: рішення задач, планування, декодування.

Рішення задач – це функція, що реалізується за різних і непередбачуваних змін у процесі управління, коли відомі засоби регулювання не спрацьовують. Типова форма її прояву – це прийняття рішення. Ця функція оперативного мислення вважається основною і детальніше розглядатиметься далі.

Планування зумовлене необхідністю впорядкування і організації дій оператора з управління процесом у нормальних умовах. Результатом планування є уявлення про послідовність дій, необхідних засобів і часу на їх виконання. Для цього операторові важливо знати закономірності перебігу процесу управління, передбачати послідовність змін стану системи, враховувати ймовірність їхнього прояву. Однією з форм планування є *оптимальне планування*, за якого оби-

рають оптимальний варіант регулювання системи з кількох можливих на основі їхнього зіставлення.

Сутність функції декодування полягає в переведенні образу сигналу в оперативний образ керованого об'єкта або процесу і пов'язана з тим, що інформація про процес управління на технічних засобах відображається у закодованому вигляді.

На сьогодні в інженерній психології розроблено кілька методів експериментального дослідження оперативного мислення:

- метод самозвіту оператора про послідовність його дій;
- метод реєстрації руху очей;
- метод реєстрації результативності вирішення задач за кількісними характеристиками діяльності оператора (час вирішення, кількість помилок, напруженість роботи тощо).

Застосування цих методів дало підстави виділити основні етапи в структурі процесу прийняття рішень:

- усвідомлення задачі;
- оцінювання ситуації;
- оформлення рішення.

Оперативне мислення завжди починається з усвідомлення задачі, аналізу ситуації, в результаті чого окреслюють відоме і визначають відшукуване. За змістом цей процес являє собою рух думок оператора від згорнутого формулювання виробничої задачі до детального розкриття її вимог, підзадач.

З формальної точки зору цей мисленнєвий акт являє собою співвідношення мети і засобів аналізу через синтез. У процесі аналізу виділяють нові елементи об'єкта, властивості яких розкривають через зіставлення (синтез) з іншими. На етапі усвідомлення задачі відбувається розуміння ролі й місця оператора у вирішенні загальної задачі управління СЛМ. Воно відбувається через зіставлення змісту цих двох задач завдяки їх порівнянню. Це допомагає повніше розкрити вимоги до процесу управління та виділити серед них найбільш значущі. Як бачимо, завдяки аналітико-синтетичній діяльності скорочується кількість аналітичних зв'язків між елементами, відбираються і осмислюються лише суттєві з точки зору поставленої задачі, що, в свою чергу, зменшує кількість можливих варіантів рішень.

На другому етапі – оцінювання ситуації – співвідносять отримані вимоги задачі з умовами їх виконання. Сукупність вимог задачі, що вирішують, дає можливість окреслити систему гіпотез, перевірка яких відбувається через зіставлення із ситуацією шляхом перебору умов та ознак, що її складають. Не кожна гіпотеза й створена на її основі модель ситуації може сприяти виробленню оптимального рішення.

Для оцінювання створеної моделі оператор має умовно перетворити план дій у реальність і оцінити результат. Якщо результат не задовольняє оператора, він створює нову модель, яку так само оцінюють. У процесі оцінювання ситуації здійснюється перехід від часткових висновків до загальних, які будуть покладені в основу рішення. При отриманні часткових висновків вирішальними є операції узагальнення і абстракції. Думки оператора прямують від фактів до висновків і розгортаються за схемою «аналіз – синтез». Але отримані висновки потребують уточнення та перевірки за допомогою дедуктивних операцій за схемою «синтез – аналіз». Процес узагальнення часткових висновків спирається на їх аналіз й здійснюється за схемою «синтез через аналіз». У разі виникнення суперечностей між частковими висновками їх зняття відбувається через зіставлення їхньої значущості й важливості у конкретній ситуації. Таким чином, синтез через аналіз доповнюють синтезом через порівняння.

На етапі оформлення рішення оператор розміщує отримані висновки у певній послідовності шляхом їхньої класифікації, систематизації та розподілу відповідно до пунктів плану рішення.

Із системних позицій проблема формування й прийняття рішень умовно має такі аспекти: логіко-психологічний, операціональний, функціонально-динамічний, формалізований.

З логіко-психологічної точки зору процес перероблення інформації й прийняття рішень пов'язаний з таким:

- особливостями формулювання самої задачі;
- пошуком, накопиченням і регулюванням інформації для прийняття рішень;
- виявленню та оцінюванню проблемної ситуації;
- побудовою системи гіпотез;
- реалізацією програми дій.

З операціональної точки зору процедура прийняття рішень охоплює інформаційну підготовку і прийняття самого рішення. Інформаційна підготовка складається із зовнішнього та внутрішнього інформаційного забезпечення. Зовнішнє інформаційне забезпечення вирішує питання кількості інформації, форми й темпу її подавання операторові. Внутрішня підготовка зводиться до проблеми пошуку, об'єднання та класифікації інформації, побудови поточних образів і концептуальних моделей. Процедура прийняття рішення охоплює операції структурного зіставлення поточних та еталонних образів їхньої побудови, розробленням принципів і програми дій.

Функціонально-динамічний аспект пов'язаний із реалізацією комплексу внутрішніх психологічних механізмів, що забезпечують інформаційний пошук і вироблення самих рішень. Система механізмів ще

не з'ясована. Вважається, що пошукові програми спираються на структурний аналіз інформації, яка сприймається, а прийняття рішень пов'язано з функціонуванням системи структурних, логічних і ймовірних механізмів. У цілому ж процеси прийняття рішень мають детерміновано-стохастичну природу [5].

Формалізований опис процедур прийняття рішень складається з кількісного опису вхідних і вихідних даних, а також формалізованого опису самих процесів. На першому етапі застосовують математичний апарат. Так, для формальної побудови гіпотез використовують факторний аналіз, а для їхнього оцінювання – апарат теорії ймовірності, теорії ігор і масового обслуговування. У багатьох випадках застосовують методи теорії інформації. Вирішення другої проблеми складніше. Прийняття рішень завжди індивідуальне і потребує мобілізації всіх можливостей людини і як індивіда, і як особистості, і як суб'єкта діяльності, що визначається інтелектуальним запасом знань, індивідуальними особливостями прояву розумової активності, працездатністю, а також системою соціально зумовлених ціннісних орієнтацій. Процес прийняття рішень (особливо нових, оригінальних) залежить не тільки від соціально сталих норм і вимог, але й від індивідуального досвіду. Тому людину-оператора необхідно розглядати як систему притаманних йому внутрішніх властивостей, певним чином пов'язану із зовнішнім світом, що відображається в соціальній позиції особистості, її ставленні до довколишнього середовища, самооцінці тощо.

Однією з інтегральних форм опису всіх особливостей людини є стиль її поведінки, стратегія досягнення обраної мети, в яких віддзеркалюються зовнішні (соціокультурні особливості, інтенціональні мотиви, особливості проблемних ситуацій) і внутрішні (якості розуму, особливості прояву інтелектуальної активності) умови діяльності.

Стратегія належить до моделей рішення з точки зору набуття, збереження і використання інформації, яка сприяє досягненню певної мети. При цьому стратегія не обов'язково пов'язана зі свідомою сферою рішення, її розглядають як фактичну закономірність у прийнятті рішень. Основу формування стратегій складають психологічні та психофізіологічні особливості людини як індивіда, особистості й суб'єкта діяльності, особливості проблемної ситуації або ситуації задачі, а також особливості умов, у яких її вирішують. Кожна стратегія вирізняється не тільки показниками результативності, але й типом психологічної регуляції діяльності оператора.

Розділ 6. ДІЯЛЬНІСТЬ ОПЕРАТОРА В СИСТЕМІ «ЛЮДИНА – МАШИНА»

6.1. Психологічний аналіз діяльності

Діяльність в інженерній психології розглядають як предмет об'єктивного наукового пізнання. Її розкривають і відтворюють у теоретичних схемах і моделях відповідно до методологічних принципів і залежно від конкретних завдань.

Мета у діяльності людині-оператору задають, як правило, іззовні. Вона полягає в забезпеченні функціонування СЛМ (до якої він сам і належить) щодо встановленої програми для отримання необхідного кінцевого продукту. Об'єктом діяльності людини-оператора виступає машина. Залежно від характеру поставленої мети діяльність людини-оператора може розглядатися на різних етапах управління об'єктом. Для уточнення меж діяльності використовують термін *цикл діяльності*, який визначається сукупністю дій для виконання повної трудової задачі (наприклад, провести потяг між двома станціями або витримати швидкість потягу на окремому відтинку шляху) або періодом безперервної роботи (вахта, зміна). Для того, щоб зовнішня мета стала особистісною, вона має відповідати його потребам. Але при розподілі праці оператор може виконувати такі функції, які самі по собі не задовольняють його потреби. У цих випадках людина задовольняє потреби тільки завдяки своїй участі в колективній праці. Мотиви останньої тісно пов'язані з особистісними мотивами діяльності оператора.

З виникненням мети діяльності у вигляді «моделі потрібного майбутнього» у свідомості людини завжди актуалізується план дій з досягнення цієї мети. Подібні плани виникають на основі досвіду оператора і його екстраполяції на майбутнє, тобто продовження предметної діяльності у внутрішній, мисленнєвій сфері. План формують у вигляді послідовних дій, спрямованих на досягнення проміжної мети даної діяльності.

Таким чином, кінцевою метою будь-якої трудової діяльності є отримання певного результату, досягнення якого йде поетапно, через вирішення проміжних задач, які теж можуть поділятися на складові. Елемент діяльності, який забезпечує виконання простої проміжної задачі, у психології прийнято називати дією. Саму дію теж можна розглядати як систему рухів, організовану певним чином. Дія характеризується значною динамічністю і пластичністю, які формуються в процесі діяльності. Одна і та сама дія може бути виконана

різними способами. Спосіб виконання кожної наступної дії залежить від результатів попередніх дій і конкретних умов діяльності.

Але діяльність не може бути описана як система послідовно виконаних дій. Тільки стереотипну, доведену до автоматизму діяльність можна умовно уявити як суму послідовно виконаних дій. У цьому разі варто замість людини використати автоматизований пристрій.

Діяльність – це складна, багаторівнева, динамічна структура зі значними можливостями переходу від одного рівня до іншого. Кожний момент виконання певної дії характеризується значною мірою адекватності предметові, знаряддям та умовам праці за рахунок оперативності суб'єктивного образу, який виступає регулятором самих дій. Завдяки оперативному образу окремі рухи органів людського тіла організуються в єдину систему – дію.

Важливу роль відіграють сигнали зворотного зв'язку, які належать оперативному образу і водночас коригують його, забезпечуючи тим самим адекватність наступних дій.

В інженерній психології сучасна праця розглядається як форма функціонування систем «людина – машина» і визначається, по-перше, технічним рівнем знарядь праці (від простих механізмів до автоматичних засобів та ЕОМ), по-друге – дистанційним характером управління. Процес трудової діяльності розглядають як циклічний процес приймання, перероблення і видачі інформації, а також її контролю на основі довготривалих та оперативних концептуальних моделей, які формуються на базі інформаційних моделей предмета, умов і процесу праці.

Таким чином, трудова діяльність людини складається не тільки із зовнішніх, але й із внутрішніх, розумових дій. У трудовій діяльності має місце не тільки інтеріоризація, але й екстеріоризація дій оператора.

З психологічної точки зору трудову діяльність можна розглядати у двох пов'язаних між собою планах: зовнішньому та внутрішньому. В зовнішньому плані для інженерного психолога праця – це процес матеріальної, енергетичної та інформаційної взаємодії суб'єкта з предметом праці. Ці взаємодії опосередковані знаряддями праці й розгортаються в часі та просторі відповідно до певної технології, організації та умов праці. У процесі технологічних перетворень предмета виробляються різні продукти (результати праці), які певною мірою задовольняють особистісні або суспільні потреби. Суб'єкт праці постає рушійною силою і організатором усього процесу праці і, залежно від своєї кваліфікації і працездатності, таким, що забезпечує відповідну ефективність праці.

У внутрішньому плані праця є суб'єктивним відображенням суб'єктом праці зовнішнього плану діяльності, тобто у внутрішньому плані праця являє собою функціонуючу образно-поняттєву модель зовнішнього плану. У внутрішньому плані об'єктивні суспільні потреби перетворюються і поєднуються з особистісними потребами, предметнюються у вигляді загально-трудо-вих і конкретно-професійних мотивів, потім конкретизуються як цілі діяльності, що пізніше порівнюються з результатами і коригуються до необхідної якості.

Сам механізм психічної регуляції має складну побудову, в якій виділяють декілька рівнів:

- рівень відчуття й сприймання;
- рівень уявлень;
- мовно-мисленнєвий рівень.

Перший рівень (відчуття й сприймання) належить до окремих дій і переважно забезпечує регуляцію зовнішніх дій відповідно до конкретного плану, умов, предмета й знарядь праці.

Другий рівень (уявлення) забезпечує можливість перенесення прийомів виконання дій з одних умов на інші, тобто узагальненість і панорамність вторинного образу надає можливість гнучко діяти операторові.

Третій рівень (мовно-мисленнєвий) належить, головним чином, до внутрішніх дій, до розумового плану діяльності, оскільки в мовно-мисленнєвих процесах відображаються загальні й суттєві зв'язки між явищами. Цей рівень забезпечує можливість передбачати розвиток подій і планувати діяльність у цілому.

В реальній трудовій діяльності ці рівні пов'язані між собою, але залежно від її специфіки кожен із них може домінувати. До того ж співвідношення між ними може змінюватися завдяки навчанню, тренуванням у процесі формування певних навичок. Різні стадії формування навичок пов'язані зі зміною рівнів регуляції діяльності оператора.

Нейрофізіологічною основою діяльності є функціональна система, теорія якої розроблена академіком П. К. Анохіним [5].

Функціональна система являє собою організацію, що динамічно формується і вибірково поєднує різні центральні та периферійні апарати на основі їхньої взаємодії для отримання необхідного для організму результату. Структура операторської діяльності має певні специфічні особливості, які полягають в тому, що оператор взаємодіє з предметом праці (об'єктом управління) через інформаційну модель, тобто через систему технічних засобів, і впливає на об'єкт через систему технічних засобів (органів управління).

Психологічна система діяльності оператора показана на рис. 6.1.

Ця схема відображає реальні психологічні процеси, які спонукають, програмують, регулюють і реалізують діяльність. Психологічна система діяльності містить декілька функціональних блоків – мотивів і цілей професійної діяльності, прийняття рішень, програми діяльності, які дуже тісно пов'язані між собою.

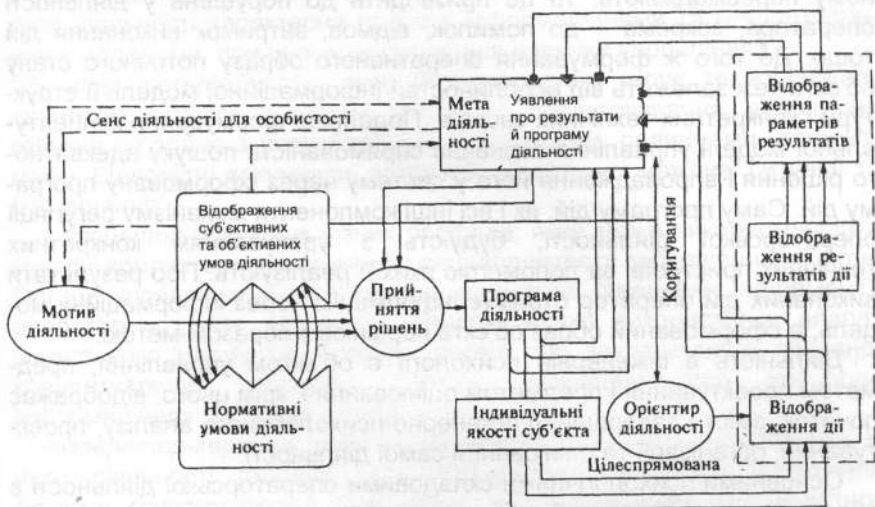


Рис. 6.1. Психологічна система діяльності оператора

Слід зауважити, що діяльність людини залежить не тільки від нервової системи, але й від усього організму – кровносно-судинної, дихальної, м'язової та інших систем. Функціональна система організує працездатність усіх органів тіла, підпорядковуючи їх основному завданню управління, і тому в усіх функціях організму певним чином відображаються всі її властивості. Ось чому параметри пульсу, артеріального тиску, дихання, м'язового напруження тощо є важливими для розуміння психологічних особливостей діяльності та її нейрофізіологічних основ. Тому ці показники широко використовують в інженерно-психологічних дослідженнях.

Таким чином, людину-оператор у СЛМ розглядають як найважливіший компонент системи, який не тільки визначає мету діяльності, але й організовує всю систему для досягнення заздалегідь визначеного результату. Тільки людина-оператор, маючи мету, визначає і завдання, вирішення яких забезпечує її досягнення.

Технічні засоби, які використовує оператор, сприяють виконанню його дій і в той самий час несуть інформацію про їхні результати. Формування у свідомості оператора образу-мети пов'язане з прогнозуванням змін у стані об'єкта управління. Якщо технічні засоби відображення інформації не сприяють розгортанню цього процесу або йому перешкоджають, то це призводить до порушень у діяльності оператора, зокрема – до помилок, відмов, затримок виконання дій тощо. До того ж формування оперативного образу поточного стану об'єкта теж залежить від особливостей інформаційної моделі, її структури і конкретних технічних засобів. Подальше формування концептуальної моделі управління визначає спрямованість пошуку адекватного рішення і впровадження його у систему через сформовану програму дій. Саму програму дій, як і всі інші компоненти механізму регуляції операторської діяльності, будують з урахуванням конкретних технічних пристроїв, за допомогою яких її реалізують. Про результати виконаних дій оператор отримує інформацію через інформаційну модель, а сформований образ об'єкта порівнює з образом-метою.

Діяльність в інженерній психології є об'єктом управління, предметом проектування і предметом оцінювання і, крім цього, відображає початок, зміст і завершення інженерно-психологічного аналізу, проектування, організації та оцінювання самої діяльності.

Основними психологічними складовими операторської діяльності є образ-мета, оперативний образ, прогнозування розвитку ситуації, прийняття рішень, програма дій, зворотний зв'язок.

Незважаючи на те, що діяльність оператора в різних системах має ряд загальних властивостей, кожній з них притаманна і певна специфічність. Специфіка діяльності оператора пов'язана зі спрямованістю СЛМ, характером її використання, ступенем участі й кількістю операторів, умовами її експлуатації. Виходячи із цього спочатку класифікуємо системи «людина-машина» і на цій основі розглянемо класифікацію операторської діяльності.

СЛМ можна класифікувати за різними ознаками.

В історичному аспекті виділяють три основні стадії розвитку техніки і відповідно трудової діяльності:

- ручна праця;
- механізована праця;
- автоматизована праця.

В інженерній психології переважно розглядають діяльність людини в автоматизованих системах, яку поділяють на п'ять видів:

- *оператор-маніпулятор*, що керує роботами, маніпуляторами, тобто технічними системами, які підсилюють м'язову енергетику людини або дублюють її рухи. У цих видах діяльності основну роль

відіграють механізми сенсомоторної діяльності, а також, хоча і меншу, образного і поняттєвого мислення;

- *оператор-наглядач* – контролер за роботою технічних систем, котрі працюють у реальному масштабі часу. Це класичний тип, до якого належать оператори спостереження за роботою радіолокаційної станції, диспетчери енергосистем і транспортних систем. Для даного типу діяльності характерна праця з інформаційними та концептуальними моделями, при цьому редукуються навички управління;

- *оператор-технолог*, який безпосередньо керує технологічним процесом, працює в режимі негайного обслуговування, виконуючи керуючі дії згідно з розробленими інструкціями, правилами, алгоритмами. Відповідні документи, зазвичай, містять усі можливі ситуації та їхні рішення;

- *оператор-дослідник* різних профілів, який може використовувати сучасні комп'ютерні системи або дешифрувати зображення об'єктів. Органи управління відіграють незначну роль (введення інформації), оператор у своїй діяльності значною мірою використовує апарат поняттєвого мислення, а також досвід, що закладений в образно-концептуальних моделях. Суттєве значення має побудова інформаційних моделей, систем кодування;

- *оператор-керівник*, який управляє соціотехнічними системами. В його діяльності головна роль відводиться процесам управління людьми, групами людей. При цьому цей процес може здійснюватись як безпосередньо, так і опосередковано, через технічні системи, канали зв'язку. Провідним психічним процесом у цій діяльності є оперативне мислення. Оператор-керівник, організатор має не тільки досконало знати можливості технічних компонентів системи, але й урахувати психологічний портрет підлеглих, їхній стан, настрої тощо.

Щодо характеру перебігу процесу управління СЛМ можуть бути детерміновані, недетерміновані й ігрові.

Детерміновані системи функціонують за попередньо розробленим алгоритмом, і тому діяльність оператора підпорядкована прийнятими нормам, правилам, інструкціям. Оператору відома послідовність надходження інформації, її форма, а також необхідні дії та їхня послідовність. Діяльність оператора здійснюється згідно з технологічним графіком, а сам оператор, як правило, виконує роль наглядача або виконавця. Сама діяльність дуже часто характеризується монотонністю.

У *недетермінованих системах* діяльність оператора теж підпорядкована відомим правилам, але момент появи сигналів і самі сигнали, а також їхня послідовність заздалегідь не відомі оператору.

В той же час зміст керуючих дій з появою певного сигналу оператору відомий.

Через те, що характер надходження сигналів є випадковим, діяльність оператора складніше, і до того ж не створюються умови для формування динамічного стереотипу дій, тобто звичної їхньої послідовності. Людина, очікуючи сигнал, має зберігати стан «оперативного спокою», тобто бути постійно наготові до термінових дій.

В *ігрових системах* операторові заздалегідь не відомі ситуації, що можуть виникати у процесі управління, бо кількість таких ситуацій велика, і тому неможливо їх зберігати в пам'яті. З виникненням ситуації оператор має кожний раз створювати (відшукувати) новий варіант рішення. Діяльність оператора в таких системах має евристичний характер і висуває підвищені вимоги до інтелектуальних здібностей і емоційно-вольових якостей людини, до її пам'яті й уваги.

За ступенем безперервності участі людини в процесі управління СЛМ поділяють на такі:

- неперервні;
- дискретні;
- змішаного типу.

Неперервні системи характеризуються тим, що технологічний процес триває безперервно, і за нормальної роботи оператор тільки спостерігає за ним. У разі відхилення цього процесу від норми оператор активно втручається у хід управління і за певний час має його відновити. Для таких систем характерний високий рівень автоматизації виробничих процесів (наприклад, це можна спостерігати в енергетичній, хімічній, металургійній промисловості).

У *дискретних системах* оператор дискретно втручається у процес управління, вирішуючи певні задачі в певний час.

На діяльність оператора впливають різні чинники, особливості яких мають ураховуватися при організації трудової діяльності операторів.

Об'єктивні чинники поділяють на дві підгрупи: *середовищні* й *апаратурні*.

До *середовищних чинників* належать чинники зовнішнього середовища (заселеність), умови ситуації та організації діяльності оператора. Чинники зовнішнього середовища мають ураховуватися вже на етапах проектування СЛМ і тривати на етапах її експлуатації. Якщо неможливо забезпечити умови нормальної життєдіяльності оператора, то необхідно розробити систему профілактичних засобів захисту або реабілітації людини від впливу цих чинників. Цьому може сприяти врахування *організаційних чинників*, які пов'язані з розробленням режимів діяльності, встановлення кількості й тривалості робочих змін

у різні пори року і т.п. Цю групу чинників беруть до уваги переважно в процесі експлуатації СЛМ.

Об'єктивні умови ситуації не завжди залежать від діяльності організаторів виробництва. Вони охоплюють чинники, пов'язані зі ступенем відповідальності оператора за ефективність вирішення завдань за різних обставин – при нічній зміні, аварійних ситуаціях тощо.

Апаратурні чинники важливі уже на етапах проектування СЛМ, оскільки сприяють їх ефективному функціонуванню. Їх урахування впливає на організацію робочого місця оператора: виважений підхід до анатомічних, біологічних, фізіологічних і психологічних властивостей людини дає змогу забезпечити певну відповідність потоку інформації можливостям людини з її приймання і перероблення. Контроль за станом оператора сприяє надійності його роботи.

Виявлення та розкриття ступеня впливу чинників на ефективність діяльності оператора СЛМ уможливають розроблення системи заходів з оптимізації операторської діяльності вже на стадіях проектування, а потім і експлуатації.

Урахування психологічних чинників, які мають вплив на ефективність діяльності операторів, є важливим як на стадії проектування, так і на стадії експлуатації СЛМ. Воно може бути здійснене за допомогою розробленої системи інженерно-психологічних заходів (вимог, рекомендацій) щодо оптимізації операторської діяльності.

Останнім часом в інженерній психології здійснюють активний пошук шляхів збирання, систематизації і аналізу інженерно-психологічних даних про діяльність оператора та системи «людина – машина» з метою подальшого їх використання у процесі проектування і оцінювання СЛМ.

Сьогодні застосовують надзвичайно велику кількість методів, зокрема:

- вивчення технічної документації і обладнання системи;
- спостереження за діяльністю оператора;
- реєстрація об'єктивних показників діяльності;
- експериментальне дослідження елементів діяльності;
- аналіз помилок оператора;
- експертна оцінка окремих показників діяльності;
- бесіда з операторами.

Розглянемо сутність кожного з наведених методів.

Метод вивчення технічної документації і обладнання дає змогу ознайомитися із завданнями, які має вирішувати оператор, та умовами його діяльності. На основі вивчення технічної документації та інструкцій з обслуговування системи складають перелік функцій та обмежень її використання. Виходячи із цього визначають функціо-

нальні обов'язки оператора, його підпорядкованість вимогам і обмеження його дій. До того ж з'ясовують режими роботи оператора, деталізують правила та спеціальні вказівки, яких він має дотримуватись у процесі діяльності, наводять певні запобіжні заходи проти помилок. Крім відомостей із технічної документації можуть бути отримані додаткові відомості з робочих журналів та іншої звітної документації.

З допомогою цього методу можна скласти загальне уявлення про завдання оператора, ступінь їхньої складності, умови діяльності, режими роботи, характер помилок і професійних захворювань.

Метод спостереження за діяльністю оператора найефективніший тоді, коли діяльність оператора має переважно руховий характер. Він дає змогу отримати відомості щодо таких аспектів діяльності оператора:

- джерел інформації;
- характеру наведеної інформації: модальностей сигналів, систем кодування, значущості, інформаційного навантаження, особливостей сприймання, впливу різних перешкод тощо;
- характеру введення керуючих дій: особливостей моторного входу, антропометричних і біомеханічних характеристик, опору органів управління і необхідних зусиль оператора в його робочій позі;
- рівня напруженості й втомленості оператора за його емоційними реакціями, поведінкою, рухами, концентрацією уваги тощо;
- зовнішніх умов діяльності, які характеризуються ступенем впливу різних чинників – від санітарно-гігієнічних до розмірів функціональних приміщень.

Спостереження може проводитися візуально і за допомогою спеціальної апаратури. Слід зауважити, що присутність спостерігача впливає на структуру діяльності оператора.

Метод реєстрації об'єктивних показників діяльності потребує застосування спеціальної апаратури, яка фіксує різні дії, рухи оператора і пов'язані з цим технічні параметри системи, а також психофізіологічні характеристики самого оператора.

За допомогою цього методу можна отримати різні показники роботи й життєдіяльності оператора і, що дуже важливо, – в реальних умовах його діяльності. Втручання дослідника в роботу оператора (підключення датчиків) може бути зведене до мінімуму внаслідок використання сучасних записувальних систем.

Метод експериментального дослідження елементів діяльності відрізняється від попереднього тим, що експериментатор не фіксує процес (метод спостереження) або результати діяльності, а сам задає програму дій, яка відрізняється від робочої програми. Такі

дослідження переважно здійснюють у лабораторних умовах, тому що мета їх полягає у з'ясуванні окремих залежностей, закономірностей між певними показниками роботи оператора. Якщо ці дослідження проводять під час основної роботи оператора – професійних завдань з управління СЛМ, то використовують метод додаткових завдань – вирішення додаткових, експериментальних задач, пов'язаних із сенсорними реакціями, арифметичними або логічними діями. При цьому його діяльність оцінюють за результатами вирішення основних і додаткових завдань.

Метод аналізу помилок оператора побудований на систематизації та аналізі помилок і відмов оператора. Для цього необхідним є визначення змісту помилок, причин їхнього виникнення, місця цих помилок у структурі діяльності, можливостей оператора щодо своєчасного їх виявлення і подальшого виправлення, а також нейтралізації їх негативного впливу. Під час аналізу помилок спеціально виділяють ті, що пов'язані з роботою технічних систем, і окремо – пов'язані з діяльністю оператора. На наступних етапах отримані дані підлягають статистичному обробленню і використовуються при аналізі діяльності оператора.

Метод експертних оцінок застосовують, коли неможливо користуватися об'єктивними методами. Для експертних оцінок вибирають досвідчених операторів, які мають відповіді на серію стандартних, спеціально розроблених запитань. До того ж передбачені різні системи відповідей: довільна форма, вибір одного з варіантів або кількісна оцінка в межах заданої шкали. Останні два варіанти відповідей більш бажані, оскільки отримані однорідні дані підлягають статистичному та машинному обробленню.

Метод бесіди з оператором використовують тоді, коли певні елементи діяльності не піддають інструментальному об'єктивному оцінюванню, але виразно відображені у свідомості оператора. У бесіді беруть участь різні за професійною підготовкою оператори, завдання яких – відповіді на конкретні запитання. У цих випадках відповіді можуть стандартизуватися і піддаватися подальшому статистичному обробленню. У «вільній» бесіді кожне наступне запитання може залежати від відповіді на попереднє. До того ж сама відповідь оператора не обмежена стандартними «рамками», які натякають на певну відповідь. Такі умови сприяють відтворенню елементів діяльності оператора, хоча і створюють певні труднощі при обробленні даних. Варто зауважити, що метод бесіди застосовують і як допоміжний до всіх описаних вище методів.

При здійсненні аналізу діяльності її поділяють на окремі компоненти за відповідними спеціально обраними критеріями і ознаками за-

лежно від поставленої мети. Щодо операторської діяльності передбачають:

- аналіз існуючої діяльності для її оцінювання і оптимізації;
- аналіз існуючої або гіпотетичної діяльності для її оновлення, удосконалення;
- аналіз існуючої або формуючої діяльності з метою її моделювання.

Щоб проаналізувати той чи інший вид діяльності оператора, необхідно зробити її опис як на рівні системи, так і на рівні окремих операцій.

Опис діяльності оператора на рівні системи застосовують за необхідності розкриття і відображення тільки загальних психологічних особливостей, які характеризують діяльність у цілому: її організацію, композицію, структуру, склад тощо. Для опису на цьому рівні характерні різні методи відображення переліку функцій оператора, характеру його зв'язків з технічною системою, а також умов, у яких виконуються ці функції і відбувається взаємозв'язок.

Опис діяльності на рівні операцій передбачає, що період діяльності, який розглядають, або задачу розкладають на окремі елементи, прості дії, операції та визначають характер функціональних зв'язків між ними. При цьому основну увагу звертають не стільки на окремі стани елементів системи, скільки на закономірності переходу їх з одного стану в інший. Методи, які належать до цього способу опису діяльності оператора, побудовані, головним чином, на аналізі послідовності перероблення інформації і виконання керуючих дій. Такі описи допомагають розкрити операціональну структуру окремих етапів діяльності або окремих задач. Слід зауважити, що в описі діяльності оператора можуть бути наведені і процеси перероблення інформації в технічних елементах системи, якщо від цього залежать результати діяльності оператора.

Одним із найрозповсюджених вважають *метод алгоритмічного опису діяльності оператора*. В його основу було покладено принцип алгоритмічного опису управління, розроблений для технічних систем О. О. Ляпуновим і Г. О. Шестопалом. Пізніше з метою опису й аналізу психофізіологічних особливостей діяльності людини-оператора цей метод був перероблений Г. М. Зараковським [10].

Розділ 7. ФУНКЦІОНАЛЬНІ СТАНИ ОПЕРАТОРА

7.1. Поняття про функціональні стани й працездатність. Зміни працездатності

Умови, в яких працюють оператори, можуть бути різними, тому що, по-перше, збільшується кількість компонентів довколишнього середовища, які впливають на людину; по-друге, – кількість можливих варіантів поєднання цих компонентів дуже значна.

Оператор може працювати у разі підвищеного або зниженого атмосферного тиску, різних температур, шумів, випромінювань, вібрації, освітлення, умов ізоляції від соціального середовища, обмеженого простору тощо.

До того ж завдання, які виконує оператор, теж різні. Одні з них потребують перероблення значної кількості інформації за обмежений час, прийняття відповідальних рішень у ситуаціях дефіциту часу, а інші вимагають монотонного спостереження без отримання інформації протягом тривалого часу. Зрозуміло, що характер задач та умов, у яких їх вирішують, визначає динаміку психофізіологічних станів людини-оператора, тобто комплекс «довколишні умови та задачі» визначає психофізіологічну структуру діяльності оператора і в той самий час впливає на компоненти цієї структури, породжуючи в деяких випадках зниження уваги, втомлення, сонливість, що в результаті знижує ефективність діяльності оператора.

Функціональні стани оператора – це комплекс характеристик тих функцій і якостей людини, які безпосередньо або опосередковано зумовлюють її трудову діяльність.

Визначати функціональні стани оператора можна не за окремими показниками певних фізіологічних і психологічних функцій, а враховуючи характер їхнього взаємовпливу та взаємодії у процесі діяльності. Крім цього, важливі тільки ті зміни, які стосуються трудової діяльності. У зв'язку із цим використовують такі поняття, як зрушення стану і зміни стану.

Зрушення стану характеризується будь-якими відхиленнями інтегральних або часткових характеристик від початкового їх значення. Якщо ці зрушення призводять до зміни якості діяльності оператора, то вживають термін зміни стану.

Функціональні стани оператора залежать від сукупності специфічних властивостей у структурі особистості:

- особливостей темпераменту, які відображаються у динамічних характеристиках перебігу психічних процесів і в яких проявляються потужність, рухливість і врівноваженість нервових процесів;

- мотивації до операторської діяльності, бажання вдосконалювати свою професійну майстерність;
- здатності до короткотривалого значного напруження при виникненні стресових ситуацій;
- емоційної стійкості, особливо емоційно-моторної і емоційно-сенсорної;
- швидкості переключення, стійкості й обсягу уваги;
- швидкості й точності складних видів рухових реакцій, координації рухів, легкості створення й перетворення рухових стереотипів;
- наполегливості й рішучості в поєднанні з ініціативністю і самокритичністю.

Зміни функціональних станів оператора у процесі виконання ним певної діяльності проходять такі фази, які характеризуються і певними змінами працездатності. Це, зокрема:

- мобілізація;
- первинна реакція;
- гіперкомпенсація;
- компенсація;
- субкомпенсація;
- декомпенсація;
- зрив або перенапруження.

Такий поділ на фази зумовлений тим, що для кожної з них характерні закономірні зміни фізіологічних функцій і відповідна якість виконання робіт. Вихідним для такої класифікації є стан оператора, визначений як оперативний спокій, тобто стан, який забезпечує операторові його входження в робочий процес. Під час трудової діяльності в оператора цей стан замінюється іншими залежно від особливостей самої діяльності, чинників виробничого середовища, а також від вихідних фізіологічних і психологічних характеристик людини.

1. *Фаза мобілізації* – це передстартова фаза, під час якої організм мобілізується ще до початку роботи, коли умовно-рефлекторним шляхом підвищується тонус центральної нервової системи та функціональна активність певних органів і систем. Як було встановлено Л. Орбелі, таке підсилення відбувається завдяки адаптаційно-трофічному впливу центральної нервової системи на самі органи, що виконують певні функції, та їх регулювальні центри. Підвищення тону пов'язане з неспецифічною активізацією серцево-судинної і дихальної систем, ендокринних органів, підсиленням процесів збудження та гальмування у центральній нервовій системі, а також зі специфічними зрушеннями, які полегшують функціонування так зва-

них «робочих» систем. Характер специфічних зрушень визначається сформованими навичками, ступенем підготовки організму та всіма функціональними тимчасовими зв'язками, які є в людини. Безпосереднім вираженням цієї фази є підвищення діяльності серця та органів дихання. Суб'єктивно ця фаза віддзеркалюється у відволіканні уваги від зайвих подразників, у зібраності, уявленні про особливості майбутньої роботи тощо.

2. *Фаза первинної реакції* проявляється в незначному зниженні майже всіх показників функціонального стану. Фізіологічний механізм цієї фази пов'язаний із зовнішнім гальмуванням, що виникає через зміни подразників, які надходять у центральну нервову систему. Ця фаза триває всього декілька хвилин, і залежить вона, в першу чергу, від ступеня підготовки оператора, його досвіду і знань. В окремих випадках ця фаза може зовсім не спостерігатись, і після фази мобілізації починається третя фаза.

3. *Фаза гіперкомпенсації* – одна з найскладніших фаз зміни працездатності, яка характерна для всього початкового періоду роботи. Особливістю цієї фази, як і фази мобілізації організму, є підвищення тону центральної нервової системи. Однак тут існує суттєва різниця. Якщо перша фаза відповідає за підготовку організму до роботи взагалі, то впродовж цієї фази людина пристосовується до оптимального режиму її виконання. При цьому процеси генералізації, які домінували в період пристосування, поступово змінюються виробленим, чітким динамічним стереотипом. У цей період відбувається пошук оптимального режиму роботи за рахунок зворотного зв'язку між відповідністю реакцій організму необхідним умовам роботи.

Зовнішнім проявом цієї фази є початкове підвищення всіх показників функціонального стану системи, особливо в руховій сфері, але ще немає необхідної відповідності реакцій організму характерові роботи, певному навантаженню. Ця фаза динамічна, показники її нестабільні й можуть різко змінюватись протягом незначного періоду залежно від підготовки оператора.

4. *Фаза компенсації* сприяє мобілізації організму до встановлення оптимального режиму роботи його органів і систем. Стабілізуються показники функціонального стану організму, що забезпечує максимальну ефективність роботи операторів. Фізіологічний рівень активності систем та органів є оптимальним, необхідна мобілізація основних реакцій і компенсаторних можливостей уже відбулася, режим роботи – найбільш економний. У процесі підготовки спеціалістів потрібно прагнути до того, щоб тривалість цієї фази була максимальною.

5. Фаза субкомпенсації характеризується незначним зниженням рівня фізіологічних реакцій, і тому показники функціонального стану дещо погіршуються. Організм певним чином перебудовується: необхідний рівень роботи підтримується через послаблення важливих функцій. Якісно змінюється характер компенсаторних реакцій: компенсація відбувається завдяки процесам, які енергетично та функціонально менш корисні. І хоча за допомогою додаткових форм компенсації підтримується відносно стабільний функціональний стан робочих систем організму, але рівень їхнього функціонування значно знижений і, відповідно, знижена ефективність праці. Найслабше реагує організм на підвищення інтенсивності праці, що зумовлює виникнення наступної фази.

6. Фаза декомпенсації спричиняє погіршення функціонального стану організму і зміни найважливіших для даного виду діяльності функцій. Під час цієї фази порушуються і вегетативні функції (тахікардія, частішає дихання), точність і координація рухів, що призводить до збільшення помилок у роботі. Як наслідок – знижується ефективність праці. За тривалої роботи ця фаза може дуже швидко перерости у наступну – фазу зриву.

7. Фаза зриву характеризується значним розладом регулювальних механізмів, неадекватністю реакцій організму на сигнали зовнішнього середовища, різким зниженням працездатності, а інколи й нездатністю продовжувати роботу. Порушення діяльності внутрішніх органів, які виконують вегетативні функції, викликають колаптоїдний стан і непритомність.

У літературі другу й третю фази дуже часто поєднують в одну, називаючи *фазою входження у роботу*, а п'яту і шосту – *фазою втомлювання*.

У деяких випадках, коли тривала робота призводить до появи четвертої або п'ятої фази, перед закінченням роботи виникає специфічний стан, що дістав назву кінцевого пориву.

На фазі *кінцевого пориву* швидко мобілізуються додаткові резерви організму через другу сигнальну систему. Це забезпечує різке підвищення працездатності. Найбільший ефект досягається тоді, коли подразнення другої сигнальної системи пов'язані зі стимулами великого соціального значення – почуттям відповідальності, усвідомленням важливості вирішуваних завдань тощо.

З наведеними вище загальними функціональними станами, особливо зі станами адекватної мобілізації і динамічної компенсації, а також з особистісними характеристиками людини пов'язані емоційні стани оператора.

Емоційні стани – це стани, що виникають через переживання лю-

диною її відношення до зовнішнього світу, до самої себе, до характеру змін кількісних та якісних параметрів відповіді на сигнали зовнішнього середовища і пов'язані з індивідуальною семантичною значущістю інформації, яку отримує людина-оператор.

Було доведено: підсилення емоційного стану оператора узалежнене «вартістю» рішення, що приймається. Сама «вартість» рішення залежить від показника ентропії на момент його прийняття. Ось чому будь-яка свідома діяльність людини певною мірою пов'язана з розвитком емоційних станів.

Стани людини-оператора можна класифікувати за різними ознаками [13]. В. Асеев поділяє стани, що виникають у процесі трудової діяльності, на такі групи:

Відносно стійкі й довготривалі стани характеризують відношення людини до діяльності, до професії і до життя й відповідають загальному психологічному настрою людини, групи людей, який проявляється у задоволенні або незадоволенні працею, зацікавленості або байдужості до неї тощо.

Ситуативні, короткочасні стани спричинені впливом різних ситуативних чинників – помилок оператора, непорозумінь між операторами, негараздів у виробництві.

Періодичні стани – це стани, які виникають протягом трудової зміни, вахти (підвищена працездатність, утома, кінцевий порив), а також психічні стани, які визначаються змістом і характером роботи (сонливість, апатія, нудьга, підвищена активність тощо).

За ознакою домінування однієї зі сторін психіки розрізняють стани, у яких домінують процеси відчуття і сприймання, уваги (стан розпорошення або зосередження, натхнення), емоційні й вольові стани.

Найбільш важливою з точки зору впливу на ефективність діяльності оператора є класифікація станів за рівнем напруженості. Їх поділяють на такі:

- емоційне збудження;
- емоційна напруженість;
- стрес як стан підвищеної емоційної напруженості.

Емоційне збудження характеризується активацією різних функцій організму, підвищеною готовністю до різних неочікуваних дій у відповідь на дію емоціогенних чинників, але без застосування цілеспрямованих, вольових актів.

Емоційна напруженість характеризується активацією різних функцій організму в зв'язку з конкретними вольовими актами або виконанням цілеспрямованої діяльності, або підготовкою до неї, або очікуванням якої-небудь небезпеки. Цей стан психічної активності – запорука успішного виконання дій оператором. Він супроводжується помірними

змінами фізіологічних реакцій організму і проявляється у хорошому самопочутті, стабільному й впевненому виконанні дій. Проміжних і кінцевих цілей досягають при незначному нервово-психічному напруженні. Спостерігаються довготривала працездатність, відсутність помилкових дій, відмов, зривів та інших відхилень. Діяльність оператора характеризується високою надійністю і ефективністю.

Стрес (підвищена напруженість) характеризується частковим зниженням ефективності психічних функцій, координації рухів і працездатності. Підвищення емоційної напруженості може спричинюватись дією таких груп чинників:

- фізіологічний дискомфорт;
- біологічний страх;
- дефіцит часу;
- підвищена складність задач;
- значна відповідальність за правильне рішення;
- наявність релевантних перешкод;
- дефіцит інформації для прийняття адекватного рішення;
- сенсорна депривація;
- нечіткість вимог до системи.

На основі наведеної класифікації можна дійти висновку, що розвиток емоційних станів визначають дві групи чинників – зовнішні та внутрішні.

Зовнішні емоціогенні чинники – це, перш за все, екстремальні чинники, тобто такі фізичні й інформаційні характеристики, які призводять до розвитку «межової» напруженості фізіологічних і психологічних функцій у разі повної вичерпаності всіх фізіологічних резервів. Формування адекватної реакції на дії зовнішніх чинників і тривалість дії екстремальності, як правило, спричиняють певний ступінь емоційної напруженості. При уникненні екстремального чинника, неспроможності мобілізації функції організму та розвитку реакцій тривожності спостерігаються різні ступені підвищеної емоційної напруженості з проявом негативних емоцій.

До цієї ж групи належать чинники, пов'язані зі значущістю вирішуваних завдань. При цьому знак, спрямованість і сила емоційної реакції визначаються особливостями поєднання низки внутрішніх чинників.

Внутрішні емоціогенні чинники надають тому чи іншому зовнішньому чиннику необхідний ступінь емоційності. До цих чинників належать характеристики нервової діяльності людини, темперамент, особистісні психологічні характеристики (тривожність, ригідність), мотиви, установки, рівень домагань. Усі ці чинники, як правило, ви-

значають рівень реакцій, а також ступінь розвитку і характер емоційних станів.

Психічні стани – це складні явища психічної діяльності, для вивчення яких застосовують різні методи, зокрема:

- поведінкові (поза, міміка, пантоміміка, характер рухової діяльності і мовної поведінки);
- комунікативно-поведінкові (стиль і характер спілкування з іншими людьми);
- вегетативні (реакції серцево-судинної та дихальної систем і внутрішніх органів);
- біохімічні (обмін речовин, ферментні й ендокринні реакції).

Методи дослідження, що сьогодні використовують, можуть бути умовно поділені на дві основні групи: фізіологічні та психологічні.

До *фізіологічних* належать методи дослідження фізіології м'язів (електроміографія), центральної нервової системи (ЕЕГ), вегетативної нервової системи (пульс, КГР, рефлекс зіниць тощо); до *психологічних* – тести, які характеризують психічні функції людини. Основні з них: тахістоскопічні методи, методи Шульте-Платонова, Ненаєва, Бернштейна, Крапеліна-Шульца, П'єро-Рузера та ін.

Слід зауважити, що в багатьох випадках тільки поєднання різних методів може дати необхідну інформацію для встановлення діагнозу психічного стану.

Значна роль в отриманні необхідних даних належить методам спостереження і суб'єктивної оцінки як самого стану організму, так і особливостей переживань.

Доцільність застосування методу спостереження для розкриття механізмів психічної діяльності доводять В. Л. Марищук, К. К. Платонов, Е. О. Плетницький. Результати спостереження, на їхню думку, можуть бути доповнені даними об'єктивної реєстрації, отриманої за допомогою кінозйомки, хронометражу, фотографування. Одним із найпопулярніших методів суб'єктивної оцінки є методика САН, за якою можна отримати дані щодо самопочуття, активності й настрою людини.

Емоції – це психофізіологічний стан організму, який має суб'єктивне забарвлення. Для стану емоційного напруження характерна перевага процесів збудження або гальмівних реакцій. Залежно від цього розрізняють два типи емоційного напруження – збудливий і гальмівний.

Збудливий тип емоційного напруження проявляється в гіперактивності, метушливості, багатослівності, легкому відволіканні уваги, швидкому перебігу мисленневих процесів, миттєвій зміні рішень у поєднанні з поверхневою оцінкою ситуації. Для спілкування

характерні елементи роздратованості, різкості, настороженості, образливості. Деяким людям притаманна неприродна веселість за відсутності контактів.

Під час роботи на пункті управління збудженість знаходить вияв у частоті перевірки своїх дій, перемикання органів управління, перевірки показників приладів тощо. Інколи стан збудження змінюється станом загальмованості, пасивності, млявості.

Гальмівний тип емоційного напруження характеризується скутістю, незмінною позою, уповільненістю рухів, різним напруженням м'язів, зосередженістю на одному домінуючому об'єкті; при цьому оператори можуть не реагувати на слабкі подразники, не бачити дій людей з найближчого оточення.

Збудливі та гальмівні форми емоційного напруження, як правило, поєднують із різними вегетативно-судинними реакціями – серцевим ритмом, кров'яним тиском, частотою дихання, зміною кольору обличчя, станом слизової оболонки, пітливістю, «гусячою шкірою», загальною слабкістю. У непередбачуваних і складних ситуаціях емоційне напруження навіть у досвідчених операторів може перейти допустиму межу.

У цих випадках спостерігають значні порушення психічної діяльності. Основними з них є порушення сприймання, уваги, пам'яті, прийняття хибних рішень, а також суттєве скорочення діапазону («ступінь свободи») рухів, а інколи й повна їхня відсутність.

До головних чинників, які спричиняють розвиток цих «замежових» форм емоційного напруження операторів, належать:

- низька психологічна готовність до діяльності;
- низька професійна майстерність;
- фізична або психологічна втома;
- незвичайні умови діяльності.

Емоційна напруженість у нормальних формах допомагає операторові ефективно вирішувати поставлені перед ним завдання шляхом мобілізації резервів організму. Але довготривалий стан емоційного напруження негативно впливає на ефективність операторської діяльності і може призвести навіть до нервово-емоційного зриву.

Труднощі визначення психічних станів пов'язані з тим, що ці стани розвиваються не стихійно, а є результатом взаємодії організму людини та середовища.

Звідси виникає необхідність поточного контролю станів. Крім цього, важливим є той факт, що специфічні людські стани формуються і розвиваються в умовах соціального середовища, у процесах

спілкування і залежать від його форм і засобів. Але цей аспект ще недостатньо вивчений.

Актуальність поточного контролю за станом оператора пов'язана з різними періодами його працездатності протягом робочої зміни: це період входження у роботу (0,5... 1 год), період високої працездатності (1...2 год) і період зниження працездатності, пов'язаний з утомою операторів. Дуже часто динаміка працездатності оператора розгортається двічі – перед обідом і після нього [13].

Слід зауважити, що механізми, які забезпечують один і той самий рівень працездатності, можуть бути неоднаковими. Наприклад, на початковому етапі роботи формуються й уточнюються динамічні стереотипи діяльності і, відповідно, – продуктивність праці зростає, а під час розвитку втоми руйнуються динамічні стереотипи, змінюється перебіг елементарних фізіологічних функцій і, як наслідок, – знижується продуктивність праці.

Втомлюваність визначається не тільки фізіологічними, але й психологічними, результативно-виробничими і соціальними чинниками, тому її потрібно розглядати з трьох боків: із суб'єктивного – як психічний стан, за роботою фізіологічних механізмів і з боку динаміки продуктивності праці.

З точки зору психології найбільшу зацікавленість викликає своєрідність процесів переживання психічних станів. Н. Д. Левітов розглядав компоненти втоми як переживання і до них відносив:

- *почуття слабосилля*, коли людина відчуває, що не може підтримувати свою працездатність. Повільне зниження працездатності, навіть якщо продуктивність праці ще не знижується, формує у людини переживання особливого, важкого напруження, невпевненість у можливості продовжувати роботу належним чином;

- *розлади уваги* – виявляються або в легкому відволіканні уваги, в її малорухливості, зацикленні на якомусь об'єкті, або, навпаки, хаотичності й нестійкості;

- *розлади у сенсорній ділянці* – відбуваються через зниження ефективності роботи рецепторів. Якщо людина довго та безперервно сприймає зорову інформацію, то в неї відбувається порушення гостроти зору («розпливаються» рядки тексту), а якщо слухову (слухаючи довго музичний твір), то «губить» мелодію. При тривалій ручній роботі фіксується послаблення тактильної та кінестетичної чутливості;

- *порушення у моторній сфері* – відбиваються в характері рухів; вони менш координовані й точні, їхній ритм нечіткий, темп виконання або повільний, або безладний;

• *розлади пам'яті й мислення* – пов'язані із забуванням плану дій, необхідних нормативних документів і в той самий час здатністю пам'ятати зовсім іншу інформацію. Спостерігаються розлади у мисленнєвих процесах: людина гірше аналізує і синтезує інформацію, зіставляє різні варіанти рішень;

• *послаблення волі* – проявляється у зниженні самоконтролю, рішучості в діях і наполегливості в досягненні мети;

• *сонливість* – виражається через «захисне гальмування» від виснажливої роботи. Перелічені психологічні показники втомі мають неоднаковий ступінь прояву, що зумовлює різну працездатність оператора.

Таким чином, можна розглянути динаміку наростання втомлюваності, у якій розрізняють три стадії.

На першій стадії з'являється слабе відчуття втоми. Працездатність не знижується або знижується несуттєво. Людина через підвищений інтерес до роботи, стимулювання або вольові якості може підтримувати належну працездатність. Але такий опір втомі призводить до специфічного «вибуху» перевтомлення, наслідки якого мають значну руйнівну силу.

Друга стадія характеризується помітним зниженням працездатності і в багатьох випадках за рахунок якості діяльності майже незмінними кількісними показниками.

Третя стадія втомлюваності має форму перевтомлення. Працездатність людини різко знижується. Оператор намагається зберегти необхідний темп роботи, але діяльність стає дезорганізованою, темп – нестійким, а людина, відчуваючи неможливість продовжувати працювати, навіть впадає у хворобливий стан.

Найефективніші засоби попередження втоми на виробництві – це ритмізація трудових процесів, застосування необхідних режимів праці і відпочинку, а взагалі – це повнота врахування інженерно-психологічних вимог і рекомендацій.

Дуже часто у виробничих умовах наприкінці робочої зміни працездатність починає знову підвищуватися. Ефект «кінцевого пориву» пов'язаний із закінченням роботи і подальшим відпочинком. Але цей період дуже підступний, тому що хоч і мобілізуються психофізіологічні функції, але контроль за діяльністю знижений, і це призводить до помилкових дій, порушення їх послідовності.

Після закінчення роботи настає період відновлення функцій організму, тобто зовнішня діяльність уже припинена, а внутрішня (збудження нервових центрів, теплообмін, діяльність легенів і серця тощо) триває, а інколи ще збільшується.

Отже, проблема управління функціональними станами оператора є дуже важливою і складною в інженерній психології. Можна активно впливати на поведінку людини-оператора, застосовуючи певні емоціогенні чинники, і цим самим регулювати ефективність функціонування СЛМ.

1. Антонов, А. В. Восприятие различных форм вычислительной информации. Текст / А. В. Антонов, Ю. Я. Трофимов. - М.: Машинное строительство, 1975. - 148 с.

2. Антонов, А. В. Контракция зрительных функций при выполнении оператором в системах управления. Текст / В. М. Ахутин, А. М. Зинченко, М. И. Кисилев. // Проблемы комплексной психологии. Т. 34. - М.: Машинное строительство, 1975. - 452 с.

3. Бодова, В. А. Психология и надежность управления в системах управления техникой. Текст / В. А. Бодова, В. Р. Спирин. - М.: Наука, 1992. - 288 с.

4. Бодова, В. Ф. Психология оператора в системах управления. Текст / В. Ф. Бодова. - М.: Машинное строительство, 1982. - 244 с.

5. Денков, В. Т. Анализ влияния психических процессов на эффективность управления. Текст / В. Т. Денков, В. Ф. Овчинников, А. В. Сидоренко. - М.: Машинное строительство, 1982. - 200 с.

6. Динья, П. Г. Методика моделирования в дифференциальном состоянии психической деятельности в имитационных условиях. Текст / П. Г. Динья, Е. А. Мерзликин, В. В. Суходолов. // Проблемы психической деятельности в системах управления. М.: Машинное строительство, 1984. - С. 82 - 77.

7. Дмитриев, М. А. Психология труда и инженерная психология. Учебное пособие. Текст / М. А. Дмитриев, А. А. Крылов, А. Н. Шафранов. - Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1979. - 224 с.

8. Дьяченко, В. А. Особенности функциональных состояний. Текст / В. А. Дьяченко, Е. А. Карпов, В. Н. Мельник, Л. Р. Шварц. // Проблемы психической деятельности в системах управления. М.: Машинное строительство, 1974. - С. 94 - 112.

9. Дьяченко, В. А. Основы инженерной психологии. Текст / В. А. Дьяченко, В. А. Карпов, Е. А. Смирнов. - М.: Академический проект, 2002. - 576 с.

10. Котлов, М. А. Курс инженерной психологии. Текст / М. А. Котлов. - СПб.: Банан, 1978. - 364 с.

11. Писарев, А. В. Психическая деятельность в системах управления. Текст / А. В. Писарев. - М.: Наука, 1984. - 200 с.

Бібліографічний список

1. Аверьянов, В. С. Функциональное состояние оператора и его системотехнические детерминанты [Текст] / В. С. Аверьянов // Физиология человека. – 1984. – № 1. – С. 23-30.
2. Агавелян, В. С. Психология состояний. Теория и практика [Текст] / В. С. Агавелян. – М.: Машиностроение, 2000. – 334 с.
3. Антонов, А. В. Восприятие различных форм внетекстовой информации [Текст] / А. В. Антонов, Ю. Л. Трофимов. – М.: Машиностроение, 1975. – 198 с.
4. Ахутин, В. М. Комплексная оценка функционального состояния человека-оператора в системах управления [Текст] / В. М. Ахутин, А. М. Зингерман, М. М. Кислицын // Проблемы космической биологии. – Т. 34. – М.: Машиностроение, 1977. – 453 с.
5. Бодров, В. А. Психология и надежность человека в системах управления техникой [Текст] / В. А. Бодров, В. Я. Орлов. – М.: Изд. Ин-та психологии РАН, 1998. – 285 с.
6. Венда, В. Ф. Инженерная психология и синтез систем отображения информации [Текст] / В. Ф. Венда. – М.: Машиностроение, 1982. – 344 с.
7. Денисов, В. Г. Авиационная инженерная психология [Текст] / В. Г. Денисов, В. Ф. Онищенко, А. В. Скрипец. – М.: Машиностроение, 1983. – 233 с.
8. Дикая, Л. Г. Методики моделирования и дифференцирования состояний психической напряженности в интеллектуальной деятельности [Текст] / Л. Г. Дикая, Е. А. Черепкова, В. В. Суходоев // Методики диагностики психических состояний и анализа деятельности человека. – М.: Машиностроение, 1994. – С. 62 – 75.
9. Дмитриева, М. А. Психология труда и инженерная психология: учеб. пособие [Текст] / М. А. Дмитриева, А. А. Крылов, А. И. Нафтульев. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1979. – 224 с.
10. Диагностика функциональных состояний [Текст] / Г. М. Зарковский, Б. А. Королев, В. И. Медведев, П. Я. Шлаен // Введение в эргономику. – М.: Машиностроение, 1974. – С. 94 – 110.
11. Душков, Б. А. Основы инженерной психологии [Текст] / Б. А. Душков, А. В. Королев, Б. А. Смирнов. – М.: Академический проект; Екатеринбург: Деловая книга, 2002. – 576 с.
12. Котик, М. А. Курс инженерной психологии [Текст] / М. А. Котик. – Таллин: Валгус, 1978. – 364 с.
13. Леонова, А. Б. Психодиагностика функциональных состояний человека [Текст] / А. Б. Леонова. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 200 с.

14. Ломов, Б. Ф. О влиянии вероятностного прогнозирования на непреднамеренное запоминание событий [Текст] / Б. Ф. Ломов, А. К. Осницкий // Психологические механизмы памяти и ее закономерности в процессе обучения. – М.: Машиностроение, 1970. – С. 137 – 141.
15. Трофимов, Ю. Л. Инженерна психологія: підруч. для студ. психол. спец. вищ. навч. закл. [Текст] / Ю. Л. Трофимов. – К.: Либідь, 2002. – 263 с.
16. Фокин, Ю. Г. Принципы планирования экстремальных инженерно-психологических экспериментов [Текст] / Ю. Г. Фокин, Ю. Е. Мачкин // Прикладные методы военно-инженерной психологии / под ред. Ю. Г. Фокина и В. Ф. Карпова. – М.: ВИА им. Ф. Э. Дзержинского, 1971. – С. 29 – 45.
17. Шибанов, Т. П. Количественная оценка деятельности человека в системах "человек – техника" [Текст] / Т. П. Шибанов. – М.: Машиностроение, 1983. – 263 с.
18. Энциклопедический словарь. Психология труда, рекламы, управления, инженерная психология, эргономика [Текст] / под ред. Б. А. Душкова. – Екатеринбург: Деловая книга, 2000. – 462 с.

Навчальне видання

Тиньков Олександр Михайлович

ИНЖЕНЕРНА ПСИХОЛОГІЯ

Редактор Т.Г. Кардаш

Зв. план, 2011

Підписано до друку 14. 06. 2011

Формат 60x84 1/16. Папір офс. №2. Офс. друк

Ум. друк. арк. 4. Обл.-вид. арк. 4,5. Наклад 50 пр.

Замовлення 181. Ціна вільна

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського

<<Харківський авіаційний інститут>>

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

<http://www.khai.edu>

Видавничий центр <<ХАІ>>

61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17

izdat@khai.edu

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції, серія ДК № 391, видане Державним комітетом інформаційної політики, телебачення та радіомовлення України від 30.03.2001 р.