

**К. М. Горбунова
С. Б. Літвінчук
К. А. Тайхриб**

Інженерна психологія

Курс лекцій

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

К. М. Горбунова
С. Б. Літвінчук
К. А. Тайхриб

Інженерна психологія :
*курс лекцій для здобувачів вищої освіти освітнього
ступеня «Магістр» спеціальності 208 «Агроінженерія»
денної форми навчання*

Миколаїв
2019

УДК 159.9:62
I-62

Автори: К. М. Горбунова, С. Б. Літвінчук, К. А. Тайхриб

Рекомендовано до друку рішенням науково-методичної ради інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету від 12. 04. 2019 р., протокол № 11.

Рецензенти:

- Ю. О. Бабаян – канд. психол. наук, доцент кафедри практичної та прикладної психології Миколаївського національного університету ім. В. О. Сухомлинського;
- Л. О. Комісарова – заступник директора Департаменту освіти і науки Миколаївської облдержадміністрації, канд. пед. наук, доцент кафедри методики професійного навчання Миколаївського національного аграрного університету;
- Ю. В. Палагнюк – доктор наук з державного управління, доцент, професор кафедри соціальної роботи, управління і педагогіки Чорноморського національного університету ім. П. Могили.

Горбунова К. М.

I-62 Інженерна психологія : курс лекцій / К. М. Горбунова, С. Б. Літвінчук, К. А. Тайхриб. – Миколаїв : МНАУ, 2016. – 203 с.

У курсі лекцій викладено зміст інженерної психології як порівняно молодій галузі психологічних знань, розкрито історію її розвитку і сучасний стан, понятійний та категоріальний апарат. Може бути використаний у системі заочного навчання для самостійного вивчення цієї дисципліни.

УДК 159.9:62

@ Миколаївський національний аграрний університет, 2019
@ Горбунова К. М., Літвінчук С. Б. Тайхриб К. А., 2019

ЗМІСТ

Стор.

Лекція 1. Інженерна психологія як наукова дисципліна.....	5
Лекція 2. Методологічні основи інженерної психології.....	15
Лекція 3. Системи «людина – машина».....	22
Лекція 4. Психофізіологічні основи діяльності оператора.....	48
Лекція 5. Діяльність оператора в системі «людина – машина».....	81
Лекція 6. Проектування технічних засобів діяльності оператора...109	
Лекція 7. Проектування систем «людина-машина».....	152
Список використаних джерел.....	162

Лекція 1

ІНЖЕНЕРНА ПСИХОЛОГІЯ ЯК НАУКОВА ДИСЦИПЛІНА

Інженерна психологія – це порівняно молода галузь психології, яка виникла на стику з технічними науками і стрімко розвивається. Ті поява зумовлена соціально-економічними потребами суспільства, рівнем його науково-технічного розвитку, а також досягненнями в інших сферах психології, фізіології, системотехніки, кібернетики тощо.

Технічний прогрес у промисловості, в транспортній галузі, в енергетиці та у військовій справі супроводжується в ростанням ролі людини у забезпеченні високої ефективності виробництва. Механізація та автоматизація виробничих процесів, упровадження обчислювальної техніки та інформаційних технологій докорінно змінюють діяльність людини, висуваючи до неї нові, більш високі, вимоги, збільшуючи при цьому економічну та соціальну значущість результатів її діяльності. Одночасно принцип гуманізації трудової діяльності визначає необхідність створення нормальних умов для підвищення працездатності людини, збереження її здоров'я, гармонійного розвитку особистості професіонала. Для досягнення цієї мети потрібно володіти певною інформацією про взаємодію людини і техніки в різних умовах зовнішнього середовища та цілеспрямовано її застосовувати в практиці проектування, створення та експлуатації систем «людина – машина».

1.1. Передумови виникнення

У поколіннях змінювалися ти вдосконалювалися знаряддя праці людини. Багато видів людської діяльності попередніх часів вимагали високої координації рухів та значних витрат фізичних сил, спритності. Тому узгодження дій людини і техніки зводилося до врахування необхідних анатомічних і фізіологічних особливостей людини в процесі створення та використання знарядь праці. Ці питання розглядала спеціальна наука – *фізіологія праці*.

На початку ХХ століття, з появою нових технічних засобів з'явилися і нові види трудової діяльності людини – водіння автомобіля, локомотива, літака, пароплава, трамвая тощо. Зміна характеру взаємодії людини з технікою зумовила виникнення нових завдань з вивчення ролі психологічних та психофізіологічних особливостей людини щодо забезпечення її професійної діяльності. Вирішення цих питань було покладено на нову наукову дисципліну – *психологію праці*. Дослідження психофізіологічних та психологічних особливостей професійної діяльності пов'язані з іменами І. М. Сеченова, Д. І. Менделєєва, І. П. Павлова, В. М. Бехтерева та інших. І. М. Сеченов першим обґрунтував важливість використання наукових даних про людину для раціоналізації

її трудової діяльності; вивчав рефлекторну природу психічних процесів у трудових актах; розробив поняття «активного відпочинку» як засобу підвищення працездатності людини; висвітлив проблему взаємодії органів чуття; створив теорію автоматизованих рухів. Д. І. Менделєєв і це у 1875 р. обстоював необхідність застосування гондоли аеростата як засобу захисту організму людини, І. П. Павлов та В. М. Бехтерев розкрили інформаційну природу сигналу та образу ситуації, акцентували на значенні мотиву для діяльності людини, В працях В. М. Бехтерєва, Л. Ф. Лазурського, А. 11. Нечаєва відображено загальні та індивідуальні особливості працездатності й втоми, а в працях С. М. Богословського, П. К. Енгельмаєра, Ф. Ф. Ерісмана значну увагу приділено методам вивчення психологічних, фізіологічних і гігієнічних особливостей різних видів трудової діяльності та класифікації професій. Суттєвий вплив на розвиток прикладних досліджень з психології мали роботи Ф. Тейлора з організації управління виробництвом, нормування праці, профвідбору в умовах швидкого поширення психотехніки Фахівці цього напрямку провели багато досліджень із метою раціоналізації та регуляції праці людини, вивчення індивідуальних розбіжностей у диференціальній психології та використання їх для профвідбору, раціоналізації режиму праці, формування трудових навичок, організації робочого місця спеціаліста. Основні завдання, принципи і методи професіографії. рекомендації з проведення профвідбору та профорієнтації були висвітлені у книзі Г. Мюнстерберга «Основи психотехніки» (1922 р.).

У 1918 р. під керівництвом В. М. Бехтерєва в Петрограді організовано Інститут з вивчення мозку та психічної діяльності, в якому створено лабораторію праці, а в 1919 р. – лабораторії рефлексології праці, психології професійних груп. У 1920 р. засновано Центральний Інститут праці під керівництвом А. К. Гастєва. На базі вчення І. М. Сеченова і а І. П. Павлова розроблено систему уявлень про організацію рухової активності людини, побудову її рухів, вирішено низку питань зі стандартизації раціональних заходів навчання і трудової діяльності людини з урахуванням її біологічних та психологічних особливостей.

У 20 х роках на багатьох великих підприємствах промисловості і транспорту були створені лабораторії психотехніки. Під керівництвом Л. Б. Брусиловського, С. Г. Геллерштейна, І. П. Шпільрейна здійснено цикл досліджень із профвідбору з метою вивчення динаміки працездатності і втоми, раціоналізації робочою місця провідників, телефоністів, морських штурманів, обґрунтовано вимоги до розташування обладнання в кабіні літака.

Пізніше Н. М. Добротворський, П. В. Зимін, К. К. Платонов, котрі починали свою наукову діяльність у них лабораторіях, своїми працями визначили напрямки розвитку авіаційної інженерної психології.

У 1921 р. в Москві відбулася 1-ша Всеросійська ініціативна конференція з наукової організації праці. Розпочато видання журналів

«Организация труда», «Психофизиология труда и психотехника», а з 1932 р. – «Советская психотехника». У 1927 р. було створено Всеросійське психотехнічне товариство.

Таким чином, технічний прогрес і розвиток виробництва спричинили актуалізацію проблеми професійного відбору, яка стала центральною в такій науковій галузі знань, як фізіологія та психологія праці. Основні завдання психології праці у прикладних дослідженнях – це гуманізація праці та підвищення її продуктивності, тобто профілактика професійної діяльності особистості, виробничого травматичну, створення умов для всебічного розвитку працівника, виявлення його здібностей.

Психологія праці і психотехніка мають на меті не тільки розв'язання завдань профорієнтації, профконсультації, профвідбору і профнавчання, а й формування комплексного підходу до вивчення і раціоналізації трудової діяльності.

Але надмірне захоплення тестуванням, механічне використання тестів без розкриття й аналізу змістової частини отриманих експериментальних даних не дали змоги психотехніці оформитись у самостійний науковий напрям. Крім того, домінуючі в той час ідеологічні установки не сприяли розвитку не тільки психотехніки і педології, а й психології в цілому.

Подальший розвиток технічного прогресу супроводжувався виникненням у середині ХХ століття серйозних протиріч між потребами виробництва, яке швидко набирало темпів, та його науковим забезпеченням. Впровадження автоматизованих систем управління (АСУ) в різні галузі народного господарства суттєво змінило структуру професійної діяльності людини, Віднині переважали не енергетичні, а інформаційні функції, тобто функції програмування, управління, контролю, передбачення функціонування та розвитку виробничих процесів. Зміни характеру трудової діяльності по-іншому поставили проблему взаємодії людини з технічними засобами виробництва, і одного боку, застосування техніки розширило можливості людини, а з іншого – технічне ускладнення самої техніки, зростання швидкісних параметрів її дії і, зрозуміло, зменшення часу діяльності самої людини призвели до виникнення нових проблем.

Удосконалення техніки шляхом покращення її параметрів у межах існуючих технологій було пов'язане з інтенсифікацією технологічних процесів, із впливом на організм людини несприятливих факторів (монотонія, шум, вібрація). Усе це зумовило додаткові навантаження для людини, змушуючи її працювати на межі психофізіологічних можливостей.

Ситуація суттєво загострилася в роки Другої світової БІЙНИ. коли нову техніку не змогли ефективно використовувати навіть добре навчені спеціалісти. Вимоги, які до них висували, перевищували їхні

психофізіологічні можливості. Це призвело до численних аварій, ретельний аналіз яких показав, що вони сталися внаслідок помилок, котрі допускала людина через неправильно спроектовану техніку. Отже, з вичерпанням можливостей професійного відбору і навчання спеціалістів на перший план виступила проблема пристосування техніки та умов прані до людини,

З розвитком та удосконаленням техніки зростало й значення людського фактора на виробництві. Функціонування технічних пристроїв і операції людини з ними вже розглядалися у взаємозв'язку, що спричинило формування поняття системи «людина – машина» (СЛМ). Системи «людина – машина» належать до систем, у яких функціонування машини і діяльність людини пов'язані єдиним контуром регулювання. Вимоги, що висувають СЛМ до людини, стосуються не стільки анатомічних і фізіологічних, скільки психологічних властивостей людини. Саме від них здебільшого залежить інформаційна взаємодія людини з машиною. Н сучасному виробництві людина, звільнюючись від трудомістких процесів, є відповідальною за ефективність роботи всіх системи. «У вік автоматизації, - пише академік А. І. Берг, людина стала однією із ланок нового ланцюга: машина – керуюча система – людина. Цей ланцюг ускладнюється, коли автоматика управляє багатьма машинами, поточковими лініями, цехами, заводами. Не існує безвідмовно працюючих механізмів і машин. Такою ж мірою це стосується засобів ручного і ще більше – засобів автоматичного управління. Відмова, навіть і тимчасова, у роботі будь-якої ланки (а в такому ланцюзі немає важливих чи неважливих ланок) вимагає негайного втручання і виконання низки операцій управління, і притому часто за надто короткий термін, що перевищує фізичні та психологічні можливості людини». Це по-перше.

По-друге, практика доводить, то передбачити всі ситуації неможливо, і тому керівна та організуюча роль в управлінні залишається за людиною. Тільки людина здатна творчо мислити, що допомагає їй розв'язувати складні проблемні ситуації, чопі, не передбачені програмою завдання. Кілька прикладів. У першому американському орбітальному польоті космонавт Глен у зв'язку з відмовою автоматики змушений був узяти управління кораблем на себе і здійснити його посадку. Польоти кораблів «Френдшип-7» та «Восход-2» могли б закінчитися трагічно, якби космонавти не скористалися ручним управлінням.

Американські дослідники підраховали, що надійність автоматизованих систем при польоті навколо місяця становить лише 22 %, а .ч участю людини – 70 % і зростає до 93 %, якщо людині надати можливість ліквідувати недоліки у роботі різних систем.

Про важливість інженерно-психологічного, ергономічного підходу до проектування систем «людина – машина» свідчать дані американської

статистики: 40 % загальної кількості відмов при випробуванні ракет, 63,6 % - на морському флоті, майже 81 % - в авіації, то зумовлено помилками людини в управлінні.

За даними ООН щороку 250 тис. людей гинуть в автокатастрофах, а понад 7 млн. зазнають травм. Крім цього, доведено, що у близько 80 % випадків такі аварії відбуваються внаслідок неадекватних дій людини. За даними англійського психолога і соціолога Л. Г. Кларка, унаслідок нервово-психічних захворювань оператори і диспетчери АСУ втрачають працездатність у п'яти 40 - 45 років, що веде до значних економічних і соціальних втрат для суспільства.

Розрахунки засвідчують, що з урахуванням вимог та рекомендацій інженерної психології та ергономіки час роботи оператора може скоротитися не менше ніж на 30 %, тобто може бути підвищена продуктивність праці на 15- 20 % .

У березні 1957 р, на Всесоюзній конференції з питань психології праці у Москві було прийнято рішення про перехід від психотехнічного напряму дослідження трудової діяльності до психології праці в сучасному її розумінні, Крім цього, було визначено самостійну галузь психологічних досліджень інженерну психологію. Вже у 1959 р. постала лабораторія інженерної психології у Ленінградському державному університеті, яку очолив Б. Ф. Ломов.

Слід зазначити, що в США та Англії такі лабораторії з'явилися ще в середині 40-х років. їхня діяльність пов'язана з іменами таких відомих вчених, як Л. Чапаніс, К. Морган, Р. Слейт, К. Крейк. У 1945 р. лабораторію інженерної психології ВІС США очолив відомий учений П. Фітс, а лабораторію ВМФ США Ф. Тейлор. У 1957 р. у США було створено Товариство інженерних психологів.

Протягом 1960-1965 рр. були створені лабораторії інженерної психології її Московському державному університеті, спеціальні групи в Київському, Харківському та Тбіліському університетах, окремі відділи у виді технічної естетики, в Інституті авіаційної та космічної медицини. З 1964 р. регулярно проводилися наукові конференції з інженерної психології.

В Академії наук України ця галузь психології почала розпинатися у рідні досліджень з кібернетики та систем управління інституті автоматики, а потім і в інституті кібернетики АІІ України. В інституті психології Російської Академії наук (РАМ), пізніше АН СРСР, лабораторію інженерної психології було створено в 1973 р. з ініціативи Б. Ф. Ломова та В. Ф. Рубахіна.

До 60-х років основні дослідження спрямовувалися на аналіз психофізіологічних особливостей сприймання інформації, її обробки, прийняття рішень та виконання моторних дій, з середини 60-х років учені намагалися поєднати ці дослідження у пошуку загальних

характеристик і оцінок діяльності людини та системи «людина - машина» взагалі.

З 70-х років розпочалась інтеграція всіх інженерно-психологічних досліджень з метою розробки методів проектування СЛМ та оцінки її функціонування, а також аналізу та оцінки ефективності спільної діяльності операторів.

Отже, впровадження і експлуатація нової техніки і технологій висунули й нові проблеми, що стали передумовою виникнення і розвитку такої галузі знань, як інженерна психологія. Перша з них – це суттєва відмінність між проектувальною та експлуатаційною надійністю системи «людина – техніка – середовище». Друга – зростання нервово-психічних захворювань, викликаних так званим «індустріальним стресом». Третя – зростання травматизму на виробництві, в транспорті та в побуті. Четверта – висока плинність кадрів через невдоволення працівника своєю працею, відсутність можливостей розвитку особистості працівника, а також наявність «психологічного бар'єру» щодо нових видів автоматизованої діяльності.

Таким чином, на стику психологічних і технічних наук виник комплекс спеціальних теоретичних та прикладних проблем, пов'язаних зі створенням комбінованих систем «людина – машина». 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 і техніки з метою використання їх у практиці проектування, створення та експлуатації СЛМ.

В інженерній психології розглядаються складні системи «людина – машина», котрі мають такі особливості:

- управління об'єктом здійснюється дистанційно, тобто інформація про об'єкт обмежена і в просторі, і в часі, та відображається за допомогою інформаційних моделей;
- людина не має жорсткої програми своїх дій, оскільки не можливо 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, ідо потребують прогностичних, антиципуючих оцінок.

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

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

Покращення технологічних характеристик трудового процесу можна досягти шляхом:

- мінімізації часу використання окремих дій чи операцій трудового процесу;
- унеможливлення грубих помилок, які спричиняють аварії;
- мінімізації ймовірності помилок, які можуть вплинути 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 факторів.

Трудова активність стимулюється не тільки покращенням характеристик трудового процесу, а й соціальними умовами взагалі, то визначає загальне ставлення людини до праці.

1.2. Завдання та напрямки

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

Як *психологічна наука* вона вивчає психічні і психофізіологічні процеси та властивості людини, які надалі мають бути використані в проектуванні СЛМ. Тобто під цим оглядом розробляються інженерно-психологічні вимоги та рекомендації, врахування яких сприяє пристосуванню техніки та умов праці до людини. Як *технічна наука* інженерна психологія вивчає принципи і особливості побудови технічних процесів та систем для з'ясування їхніх «вимог».

Урешті-решт вирішується проблема взаємної адаптації людини і технічних систем.

Розв'язання цієї проблеми пов'язано з виконанням таких завдань:

Аналіз функцій людини в СЛМ. Вивчаються та аналізуються структура діяльності оператора, методи опису його діяльності та режиму роботи. При цьому фокусуються цілі, мотиви, засоби і види операторської діяльності та розробляються критерії їхньої оцінки.

Вивчення процесів приймання інформації оператором. Досліджуються особливості характеристик сенсорного «входу» людини, специфіка роботи аналізаторів, процесу сприймання та переробки інформації з метою визначення вимог і рекомендацій щодо форми та темпу її подавання і поєднання різних форм, застосування кодів та побудови в цілому, як і інформаційної моделі.

Вивчення процесів зберігання інформації та прийняття рішень оператором. Розглядаються питання зберігання та відновлення інформації в пам'яті людини, її характеристики, види, особливості формування еталонів. Вивчається вплив цих процесів на етапі інформаційної підготовки прийняття рішень. Досліджуються особливості впливу повної та неповної, релевантної та іррелевантної інформації на процес прийняття рішень, а також індивідуально-психологічні особливості оперативного мислення оператора.

Дослідження працездатності оператора. Аналізуються структура керуючих дій оператора, механізм їх регуляції з боку вищої нервової системи, швидкість і точність їх виконання. Вивчаються фактори, що впливають на працездатність і втому оператора, вирішуються питання забезпечення раціонального режиму його праці та відпочинку, контролю за діяльністю.

Аналіз групової діяльності операторів. При вирішенні цього завдання розглядаються питання організації обміну інформацією між членами групи, їхньої сумісності та спрацьованості, роль лідера, соціально-психологічний клімат, особливості конфліктних ситуацій та шляхи їхнього розв'язання.

Професійна підготовка операторів. Визначаються умови, методики та критерії профвідбору, формування необхідного рівня психологічної підготовки, засади організації навчання та розробки критеріїв його оцінки, принципи побудови тренажерів та організації тренувань.

Вивчення впливу психологічних факторів на ефективність СЛМ. Вивчається динаміка працездатності оператора, з'ясовуються допустимі норми його роботи в різних умовах діяльності. Крім того, вирішуються питання впливу різних факторів на швидкість і точність роботи оператора, що пов'язано з розробкою експериментальних методик і критеріїв оцінки надійності роботи оператора та СЛМ в цілому. Розробляються методи організації «діалогу» людини і машини з акцентуванням на раціональне конструювання засобів відображення інформації та органів управління.

Організація робочого місця оператора. Обґрунтовується вибір робочої пози оператора, розміщення пульта управління, його розмірів та форми, розташування необхідного обладнання, з'ясовується вплив факторів зовнішнього середовища на діяльність оператора.

Інженерно-психологічне проектування та оцінка СЛМ. Це є узагальнювальне завдання, при вирішенні якого враховуються усі

попередні результати. При цьому беруться до уваги методологічні принципи проектування та оцінки СЛМ. Для кожного з етапів визначаються певні цілі, завдання і методи оцінювання при проектуванні, побудові та експлуатації СЛМ.

Визначення економічної ефективності інженерно-психологічних розробок. Визначаються річний економічний ефект, коефіцієнт економічної ефективності і термін окупності інженерно-психологічних розробок (ІПР).

Усі ці завдання вирішуються на різних етапах функціонування СЛМ – від проектування до утилізації об'єкта. Загалом же проблематика інженерної психології об'єднує низку напрямків, основними з яких є: методологічний, психофізіологічний, системотехнічний, експлуатаційний (схема 1).

Методологічний напрямок характеризується інтеграцією та систематизацією окремих досліджень, що змогу окреслити предмет і об'єкт досліджень, визначити або розробити методи їх вивчення та принципи виведення закономірностей досліджуваних психологічних явищ, встановити зв'язок інженерної психології з іншими науками та усвідомити її значення для суспільної практики.



Схема 1

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

Основні дослідження спрямовані на:

- вивчення психологічних та психофізіологічних характеристик приймання та переробки 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 та опис конкретних видів операторської діяльності;
- розробку методів дослідження та прогнозування ефективності взаємодії оператора з технікою, зокрема – швидкості, точності, надійності й напруженості діяльності оператора та СЛМ;
- дослідження впливу емоційних станів оператора на динаміку його працездатності, особливо стресочинних факторів; розробку методів і критеріїв оцінки впливу емоційної сфери на діяльність операторів.

Системотехнічний напрямок зорієнтований на розробку питань інженерно-психологічного забезпечення побудови СЛМ. При цьому вирішуються такі завдання:

- розробка принципів і методів урахування інженерно-психологічних вимог та рекомендацій на різних етапах проектування, побудови, експлуатації СЛМ;
- формування принципів, методів і критеріїв розподілу функцій у системі та визначення оптимального рівня і автоматизації;
- дослідження структури й організації потоків інформації, вибір або розробка необхідних технічних засобів відображення інформації (ЗВІ);
- визначення структури керуючих дій оператора та підбір необхідних органів управління;
- розробка принципів, методів і критеріїв оцінки ефективності функціонування СЛМ.

Експлуатаційний напрямок пов'язаний з:

- проблемами наукової організації праці людини (оптимізація режимів праці та відпочинку, графік роботи, нормування праці, наявність необхідної технічної документації на робочому місці);
- проблемами професійного відбору, навчання і тренування операторів;
- організацією групової діяльності операторів, їхньої взаємодії, комплектуванням виробничих груп, екіпажів, змін;
- медико-біологічними та психологічними проблемами підвищення ефективності діяльності оператора, розробкою методів стимуляції діяльності і контролю за станом оператора.

Слід зауважити, що ступінь розробки цих напрямків різний. Спеціальний аналіз публікацій з інженерної психології, здійснений у 80-х роках ХХ століття, показав, що найбільш вивченим можна вважати психофізіологічний напрямок (30—35 % усіх надрукованих праць), а

найменш – експлуатаційний (2,5 %).

Лекція 2

МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ІНЖЕНЕРНОЇ ПСИХОЛОГІЇ

2.1. Методологічні принципи та системний підхід в інженерній психології

На початковому етапі розвитку інженерної психології як науки в багатьох дослідженнях переважав машиноцентристський підхід, коли людина розглядалась як елемент технічної системи, а опис та оцінка її діяльності проводилися за схемами та методами, котрі використовувалися для опису технічних систем. Головне завдання досліджень полягало в описі «вхідних» та «вихідних» параметрів людини, незалежно від її індивідуальності і 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 поводити 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. Леонтєва, Б. Ф. Ломова, А. Р. Лурії, О. О. Смирнова, Б. М. Теплова, їхні ідеї розвинули у пізніших працях інші дослідники. Були розроблені такі нові принципи, концепції, методи і підходи до вивчення, аналізу та проектування операторської діяльності:

- системний підхід до аналізу та оптимізації взаємодії людини і машини (Б. Ф. Ломов);
- концепція «інформаційної моделі» (В. П. Зінченко, Д. Ю. Панов);
- психофізіологічний і функціонально-алгоритмічний підхід до аналізу трудової діяльності (Г. М. Зараківський);
- концепція «оперативного образу» (Д. А. Ошанін);
- структурно-алгоритмічний підхід до аналізу і проектування діяльності (Г. В. Суходольський);
- структурний метод прогнозування надійності СЛМ (А. І. Губинський, В. Г. Євграфов);
- концепція поетапного моделювання і синтезу біотехнічних та

ергатичних систем (В. М. Ахутін);

- концепція взаємної адаптації людини і машини (В. Ф. Венда);

- антропоцентричний підхід до аналізу та оптимізації СЛМ (Б. Ф. Ломов);

- принцип активного оператора (Н. Д. Завалова, В. О. Пономаренко);

- структурно-евристична концепція пошарової переробки інформації оператором (В. Ф. Рубахін).

На ґрунті цих та інших досліджень були сформовані основні специфічні принципи інженерної психології (слід зауважити, що загальні методологічні принципи психології – принципи детермінізму, зв'язку психіки і діяльності, розвитку, особистісного підходу – розглядалися в курсі «Загальна психологія»:

Принцип гуманізації праці підкреслює провідну, творчу роль людини у трудовій діяльності в процесі функціонування СЛМ. Актуалізується необхідність урахування вимог людини до технічних систем, психологічних та психофізіологічних можливостей людини й особливостей її взаємодії з іншими в груповій діяльності. Протилежним цьому принципові 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 за пасивної його позиції в разі термінового переходу до активних дій потрібно буде витратити значно більше енергії, а це, своєю чергою, може вплинути на ефективність роботи СЛМ. Необхідно вже на стадії проектування майбутньої діяльності оператора визначити її структуру, рівень активності оператора, забезпечивши йому так званий «оперативний спокій», тобто готовність у будь-який час втрутитися у процес функціонування СЛМ і забезпечити своїми діями високу ефективність;

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, розробки узагальнювальних критеріїв оцінки функціонування СЛМ. Зрозуміло, це не заперечує можливості використання спеціальних для людини і машини критеріїв.

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

Людина-оператор – це дуже складна система, що функціонує в іншій складній системі «людина – машина – середовище», котра, своєю чергою, 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 розглядаються як багатомірні та

багаторівневі системи. Багатомірність виявляється в тому, що психічні процеси аналізуються 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 і 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 котрих вона функціонує, зумовлюють відмінність структури діяльності оператора, яка 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 оцінці 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.

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

По-четверте, всі види СЛМ – цілеспрямовані системи, в яких людина вибирає або формулює мету, визначає задачі та способи їхнього вирішення. Тобто мета є «системо утворювальним фактором» (П. К. Анохін) організації всієї системи психічних процесів, що забезпечують діяльність оператора, при цьому зовнішній вплив на людину опосередковується всім внутрішнім психічним складом особистості.

Таким чином, людина-оператор організовує систему для досягнення обраної нею мети, забезпечуючи СЛМ пластичність її функціонування. Технічна система розглядається як засіб досягнення заданого результату, яким користується людина, виконуючи свої дії та отримуючи інформацію про результати їх виконання.

Реалізація розглянутих принципів та підходів дає змогу розв'язати основну проблему інженерної психології – гуманізації праці та оптимізації функціонування СЛМ, цим самим забезпечуючи вирішення основного народногосподарського завдання – підвищення ефективності суспільного виробництва.

2.2. Методи інженерної психології

Застосовуюючи 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 (схема 2).

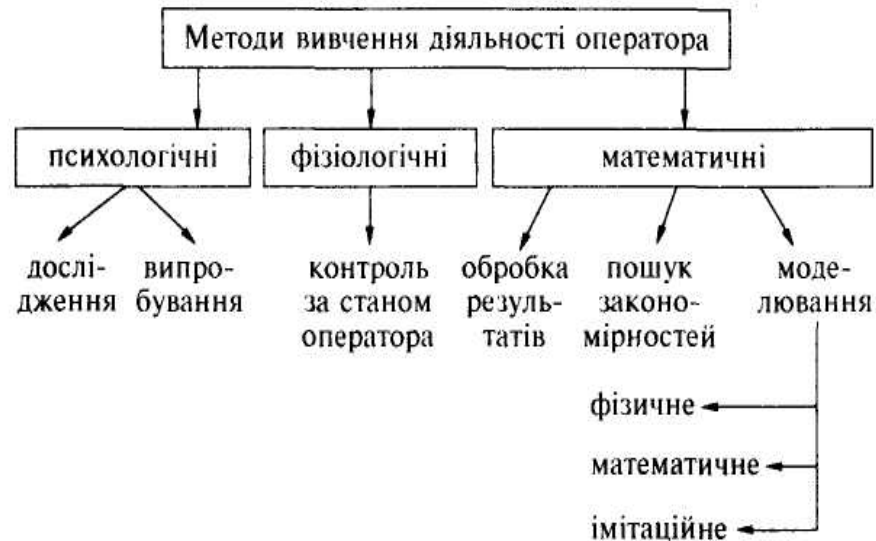


Схема 2

За допомогою *психологічних методів* здійснюється психологічний аналіз діяльності оператора в реальних або лабораторних умовах, аналіз впливу різних психологічних факторів 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 проводяться через тестування, з'ясовується наявність необхідних психологічних рис та характеристик певного оператора.

Фізіологічними методами послуговуються у вивченні функціонального стану людини, характеру реагування різних систем організму в процесі діяльності. Аналіз фізіологічних характеристик дає змогу визначити, як і якою «ціною» здійснюється досягнення відповідної мети.

Математичні методи використовують для статистичної обробки результатів, пошуку закономірностей, побудови моделей діяльності оператора.

Психологічні і фізіологічні методи є традиційними для психології, і тому для вирішення необхідних завдань розроблено надзвичайно багато методик.

Особливістю методів моделювання є те, що в них розглядаються 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* вивчається 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 та обробки отриманих результатів.

Математичне моделювання досліджує діяльність оператора за допомогою математичних моделей – формул, рівнянь, нерівностей, - котрі 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 здійснюється за допомогою електронно-обчислювальної техніки, яка значною мірою враховує вплив випадкових факторів, зумовлених умовами діяльності, особливостями процесу управління та самою людиною.

На різних стадіях проектування та експлуатації СЛМ можуть бути застосовані різні методи. Так, на початкових етапах проектування діяльності оператора краще вдаватися до математичних методів моделювання, котрі 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 фактори, котрі впливають на ефективність функціонування СЛМ. Тут уже переважають психологічні та фізіологічні методики. На стадіях випробування а експлуатації дослідження здійснюються комплексно, що потребує правильного поєднання різних методів.

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

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

підбору команд, екіпажів.

Проблема класифікації методів в інженерній психології аналогічна тій, котру вивчав Б. Г. Ананьєв, створюючи класифікацію методів сучасного людинознавства [3], яка може слугувати й інженерно-психологічним дослідженням. Згідно з цією класифікацією всі методи досліджень поділяються на чотири основні групи:

- *організаційні*, до яких належить система методологічних засобів, що забезпечують комплексний підхід до дослідження СЛМ. Характерною рисою міждисциплінарних досліджень є не поєднання окремих результатів, отриманих у незалежних дослідженнях, а організація такого дослідження, в якому синтезовані різні дисципліни;
- *емпіричні*, що охоплюють усі методи отримання наукових даних. Це методи спостереження і самоспостереження, експериментальні методи здобуття даних у лабораторному та виробничому експериментах, діагностичні методи (тести, анкети, інтерв'ю, бесіди, соціометрія тощо), методи аналізу процесів і продуктів діяльності (хронометрія, циклографія, трудовий метод, професіографічний опис і т. ін.), моделювання;
- *обробки даних*, до яких належать методи кількісного та якісного опису наявних даних, добору необхідних критеріїв їх зіставлення;
- *інтерпретації отриманих результатів* у контексті цілісного опису діяльності людини та функціонування СЛМ.

2.3. Інженерна психологія розвивається в системі наук

Інженерна психологія розвивається в системі наук в тісному зв'язку з іншими науками, зокрема вбирає та використовує їхні досягнення, ставить перед ними нові проблеми, стимулюючи їхній розвиток.

Перш за все розвиток інженерної психології пов'язаний із розвитком психологічної науки в цілому, оскільки основний об'єкт вивчення психології – людина, а в інженерній психології – людина-оператор, тобто людина, котра здійснює трудову діяльність у взаємодії з машиною, предметом праці та зовнішнім середовищем за допомогою дистанційного управління.

Досліджуючи процеси функціонування СЛМ, інженерна психологія опирається на методологічну базу – принципи, теоретичні концепції, схеми, які розроблені в *загальній психології*. Вона використовує знання про закономірності перебігу психічних процесів (сприймання, пам'яті, мислення), у відповідності з якими людина-оператор приймає інформацію, її запам'ятовує та переробляє. Велике значення мають дані *психофізіології*, що розкривають фізіологічне забезпечення психічних процесів, індивідуальні особливості їхнього вияву та допомагають з'ясувати психофізіологічну «ціну» досягнення певної мети. Дуже тісними є зв'язки інженерної психології з *психологією праці* – в напрямку вивчення механізмів регуляції трудової діяльності, раціональної організації праці,

професіонального відбору та навчання операторів. Інженерна психологія дотична і до проблем *соціальної психології*. Сучасні СЛМ, як правило, обслуговує значна кількість людей, і тому виникають питання щодо формування виробничих груп, екіпажів, налагодження комунікаційних зв'язків, соціально-психологічного клімату тощо. Втім, усі соціально-психологічні проблеми у даному випадку вирішуються тільки у специфічному ракурсі – взаємодії людей у СЛМ.

Розширення та збагачення сфери досліджень інженерної психології, а також установа численних міждисциплінарних зв'язків зумовлені постійно зростаючою складністю СЛМ та суттєвим впливом зовнішніх факторів середовища.

Навколо інженерної психології почав утворюватися науково-практичний комплекс – *ергономіка*, метою якої є розгляд системи «людина – техніка – середовище» (СЛТС) з акцентуванням передусім фізіолого-гігієнічного аспекту досліджень і рекомендацій.

Складність сучасних систем зумовлює підвищення ролі соціальних та організаційних факторів на виробництві. Функціонування таких соціотехнічних систем значною мірою залежить від ефективності управління ними. В цьому плані інженерна психологія співпрацює з *психологією управління*, яка вивчає структуру управлінської діяльності при застосуванні різних автоматизованих систем.

Інженерна психологія також взаємодіє з такими дисциплінами, як кібернетика, системотехніка, загальна теорія систем, теорія зв'язку та ін.

Кібернетика є наукою про загальні закономірності процесів управління різними системами – живими організмами, технікою, суспільством. Отже, врахування досліджень у цій галузі допомагає інженерній психології вивчати сучасні СЛМ з єдиних позицій, інтегруючи такі різні складові системи, як людина і машина. При цьому, зрозуміло, враховуються як специфіка діяльності людини-оператора, котра підпорядкована біологічним та психологічним законам, так і специфіка роботи машини, що зумовлена фізичними та хімічними законами.

Неабияке значення має використання досягнень *математики*, застосування математичних методів, особливо на стадіях проектування СЛМ.

Зміцнюються взаємозв'язки між інженерною психологією та *економікою*. Впровадження у виробництво інженерно-психологічних розробок і рекомендацій потребує визначення їхньої економічної ефективності, доцільності залучення додаткових коштів.

Контрольні запитання

1. Сформулюйте завдання і напрямки досліджень інженерної психології.
2. Назвіть основні принципи системного підходу в інженерній

психології.

3. Наведіть класифікацію методів дослідження в інженерній психології.

4. Який зв'язок інженерної психології з іншими науками?

Теми рефератів

1. Причини виникнення і розвиток інженерної психології.
2. Загальні проблеми різних напрямків досліджень інженерної психології.
3. Методологічні принципи і методи інженерно-психологічних досліджень.
4. Застосування ЕОМ в інженерно-психологічних дослідженнях.

Лекція 3

СИСТЕМИ «ЛЮДИНА-МАШИНА»

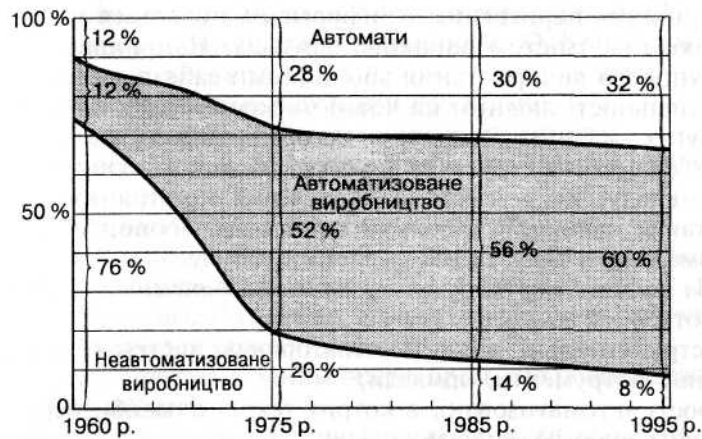
3.1. Особливості і класифікація

Тенденція розвитку автоматизованого та автоматичного виробництва свідчить, що від початку виникнення інженерної психології до сьогодення частка неавтоматизованого виробництва зменшилася з 76 % до 8 %, а автоматизованого і автоматичного – зросла відповідно з 12 % до 60 % і з 12 % до 32 %. Це означає і дедалі більшу витребуваність операторської діяльності.

У загальній теорії систем (системології) систему розуміють як комплекс взаємопов'язаних та взаємодіючих між собою елементів, поєднаних спільною метою і спільною інформаційною мережею.

Інженерна психологія розглядає системи, в яких задіяні як людина, так і технічні пристрої. Все, що знаходиться в СЛМ між людиною і керованим об'єктом, умовно зветься машиною, тобто машина – знаряддя праці людини-опера-тора, а він сам – суб'єкт праці.

Залежно від сфери застосування, СЛМ мають відповідну структуру, визначаються ступенем участі й кількістю операторів. З цими ознаками пов'язані й функції оператора в СЛМ, що зумовлює необхідність класифікації діяльності оператора і самих систем «людина – машина». Основою такої класифікації можуть бути групи ознак:



Р и с. 1
Тенденції розвитку виробництва

- цільове призначення системи;
- характеристики людини або певної групи людей;
- тип і структура машини;
- тип взаємодії у самій системі.

За призначенням системи поділяються на такі класи:

- керуючі, основне завдання яких – керування машиною або комплексом;
- обслуговувальні, в котрих 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 не обхідної інформації (системи зв'язку, телевізійні, радіолокаційні, документальні системи тощо);
- дослідницькі, які використовуються у вивченні різних явищ, пошуку нової інформації та закономірностей (прилади та пристрої, макети і моделі самої системи).

За характером «людського компонента» СЛМ поділяються на:

- моносистеми: один оператор і один технічний пристрій;
- полісистеми, в котрих значна кількість людей взаємодіє з багатьма технічними пристроями; різновидом таких систем є соціотехнічні системи. Крім цього, полісистеми поділяються на паритетні та багаторівневі, ієрархічні. Вперших – паритетних – інформація подається і за формою, і за змістом однаково для всіх. Наприклад, табло групового використання або системи забезпечення життєдіяльності людини на човні 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 поділяються на:

- інструментальні, в яких оператор використовує найпростіші інструменти, прилади;

- прості автоматизовані, в котрих технічні засоби перетворюють енергію людини;

- складні автоматизовані, де функціонують різні за призначенням, складністю і підпорядкованістю технічні компоненти. Керування такими системами здійснюється не тільки за схемою «людина – машина», а й у ланцюгу «людина – людина – машина».

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

У системах першого типу процес керування 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 керування 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 вирішення 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. Оригінальним є підхід, запропонований А. О. Криловим, 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 вважаються: 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 факторів, як прискорення, зміна тиску, температура, вібрація, коливання, шум тощо. Крім того, оператори в окремих випадках повинні працювати у спеціальному спорядженні і перебувати у малогабаритних приміщеннях.

Слід зауважити, що в самій діяльності оператора є не тільки високоактивні періоди, а 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 і фізичної підготовки операторів. Важливим є наявність у них таких психологічних рис, як рішучість, здатність швидко оцінювати інформацію і 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 підрозділяються на:

- системи управління транспортними засобами;
- стаціонарні.

Цільове призначення цих систем полягає у забезпеченні роботи машин як джерела енергії у заданому режимі і протягом установленого часу. Оперативні завдання у системі підпорядковані контролю і регулюванню енергоресурсів, а також захистові енергетичної установки. Для досягнення цієї мети використовуються різні засоби відображення інформації, переважно мнемосхеми та цифрові й стрілкові контрольно-вимірювальні 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 факторів 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 вміти застосовувати ручне управління. Для цього він повинен володіти знаннями про будову системи, взаємодію її складових і утримувати в пам'яті значну кількість характеристик і параметрів її роботи.

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 подальшої обробки. Вирішення основних оперативних завдань пов'язане із забезпеченням необхідних параметрів технологічного процесу і контролем якості продукції. Умови роботи оператора характеризуються монотонністю, яка збільшується з ростом циклічності технологічного процесу. В системах значного рівня автоматизації монотонність стосується процесів контролю, а за 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 і переключення його уваги, прийняття рішень тощо.

Автоматизовані системи нагляду за ситуацією використовуються для отримання інформації про наявність об'єктів у визначених зонах повітряного і водного середовища. Головними оперативними завданнями є виявлення об'єктів, їх впізнання 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 використовуються при управлінні транспортними засобами, розподілі енергії тощо. Основне їх призначення полягає в обслуговуванні, і тому центральними оперативними завданнями є: приймання замовлень, встановлення черги, контроль завантаження і виконання команд. Оператор, отримуючи інформацію, повинен вирішити питання про значущість певного замовлення серед інших (наприклад, запит на аварійну посадку літака), визначити канал обслуговування, прийняти певне рішення і зреалізувати 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, висуваються високі вимоги щодо обсягу їхньої пам'яті, характеристик оперативного мислення, чіткості і виразності мовлення.

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

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 у 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 змінювати завдання та способи їх вирішення. Цілеспрямованість СЛМ забезпечує людина, котра 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 розглядаються питання взаємної адаптації в системі шляхом пристосування технічних засобів або їхніх параметрів до конкретного психофізіологічного стану людини чи показників ефективності її діяльності.

Самовпорядкованість розглядається 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 інтегративну властивість – *живучість*.

3.2. Розподіл функцій у СЛМ

Ефективний розподіл функцій базується на максимальному врахуванні можливостей людини і машини. Загального рішення ця проблема не має, оскільки кожній системі властиві свої особливості управління і кожного разу треба по-новому оцінювати можливості людини і технічних засобів її діяльності. При цьому не тільки в різних СЛМ людина виконує неоднакові функції, можливе також виконання оператором різних функцій в межах однієї системи. Ефективність виконання цих функцій впливає на ефективність функціонування СЛМ в цілому. Ось чому розподіл функцій у системі є дуже важливим і має базуватися на можливостях машини і спроможностях людини.

Порівнюємо можливості людини і машини в системах управління.

- Функціонування СЛМ з врахуванням всіх варіантів її роботи може забезпечити тільки людина. Вона здатна краще оцінити роботу системи, беручи до уваги різні фактори та попередній досвід діяльності оператора.

- Полімодальність у сприйманні різної інформації, її співставлення при формуванні образу об'єкта притаманні тільки людині.

- За швидкістю сприймання та алгоритмічної переробки інформації машина перевершує людину.

- Завдяки константності сприймання та здатності розпізнавати сигнали на фоні шумів людина працює надійніше, ніж машина, яка може знаходити інформацію тільки за певними ознаками.

- За різноманітністю способів переробки інформації та виконання керуючих дій людина випереджає машину.

- За швидкістю і точністю виконання дій людина поступається машині.

- Машина краще працює в ситуаціях перевантаження, оскільки на неї не впливають різні суб'єктивні фактори. Зрозуміло, що в непередбачуваних ситуаціях, в умовах індуктивного, прогностичного мислення людина діє краще, ніж машина.

Згідно з попереднім порівнянням можливостей, можна запропонувати такий варіант розподілу функцій.

Людина має виконувати такі функції:

- індуктивного мислення, тобто прийняття рішення на базі неповної інформації, узагальнення різних фактів, доповнюючи інформацію з власного досвіду;

- розпізнавання ситуації в цілому за її окремими характеристиками, а також неповною інформацією про неї;

- вирішення задач, стосовно яких відсутні правила або алгоритми;

- вирішення задач великої відповідальності;

- вибору засобів вирішення задач у швидко змінюваних умовах, що передбачає виявлення гнучкості та адаптивності.

Машині доцільно передати такі функції:

- дедуктивного мислення, тобто знаходження рішення для окремих випадків на базі загальних принципів і правил;

- виконання громіздких математичних розрахунків та вибір відомих варіантів рішень;

- збереження великої кількості інформації;

- здійснення одноманітних операцій за відомим алгоритмом дій;

- виконання швидких дій у відповідь на певну команду.

Ці рекомендації мають узагальнювальний характер, у кожному ж конкретному випадку визначальним є експеримент з моделюванням конкретної системи, умов її функціонування, а також застосування певних принципів.

Принцип переліку функцій. Уперше задача розподілу функцій між людиною і машиною на основі порівняння їхніх можливостей була сформульована П. Фітсом ще у 1951 р. Він запропонував певний перелік функцій, які реалізуються у системі, і порівняльний аналіз їх

виконання людиною та машиною. Передбачалося, що проєктант системи за розподілу функцій буде користуватися цією порівняльною таблицею, а сам перелік функцій буде збільшуватися. Таким чином, проблема розподілу функцій є такою: складається перелік функцій СЛМ як для виконання машиною, так і для виконання людиною. Це рішення дуже просте, воно має попередній характер, і тому було справедливо скритиковане.

Спочатку Жорден (1963), а потім і Чапаніс (1965) критикували сам принцип порівняння людини і машини. Практика довела, стверджують вони, що перелік функцій має узагальнювальний характер. У дійсності людина і машина доповнюють одна одну, і тому треба знаходити компромісне рішення. Функції машини не слід вважати назавжди визначеними і стійкими, вони розширюються, ускладнюються і вдосконалюються. Загальне твердження, що машина типу ЕОМ краще виконує розрахунки, може бути неправильним в окремих випадках, коли людина, знаючи специфічні зв'язки у системі, за допомогою розрахункової лінійки може зробити розрахунок швидше, ніж машина. До того ж треба взяти до уваги навантаження, яке виникає за виконання усіх функцій людиною в СЛМ. Тому потрібно аналізувати не тільки самі функції, а й характер їхніх зв'язків з метою виявлення таких особливостей і критеріїв, які б могли оптимізувати розподіл функцій у СЛМ. За всіх критичних зауважень щодо цього принципу, все ж таки був розроблений певний перелік функцій з порівнянням їх виконання машиною і людиною (табл. 1, за М. Монмолленом).

Принцип переважальних можливостей. Вибір показників, за якими оцінюється СЛМ, здійснюється зважаючи на виконання головної задачі системи. Відповідно до цих показників (надійність, швидкість, точність, вартість, економічна ефективність, час підготовки тощо) розподіляються функції в системі, з врахуванням можливостей людини і машини.

Принцип максималізації показників СЛМ передбачає максималізацію всіх тактико-технічних даних (ТТД) системи. Але виникають питання: як оцінити систему за єдиним комплексним показником, котрий із цих показників основний? Д. Мейстер і Дж. Рабідо вважають, що головним у реалізації цього принципу є знаходження компромісного рішення, тобто досягнення необхідних тактико-технічних даних системи з мінімальними витратами коштів і часу.

Принцип оптимізації інформаційного обміну. Згідно з цим принципом здійснюється оптимізація загального інформаційного потоку в системі з урахуванням психологічних і психофізіологічних можливостей людини, рівня невизначеності окремих задач, технічних можливостей машини.

Принцип взаємного резервування. Дотримання цього принципу передбачає можливість перерозподілу функцій у системі між людиною та машиною у процесі управління. Цей принцип може бути використаний як

компенсаторний засіб щодо ліквідації недоліків інших принципів.

Таблиця 1

Порівняльні характеристики виконання функцій людиною і машиною

Функції	Характеристики людини	Характеристики машини
Виявлення сигналу	Шкала подразників обмежена можливостями органів відчуття. Відчуває подразники незначної інтенсивності Чутливість доволі висока. Легко виконує фільтрація при змінах програми	Доволі широка шкала подразників. Не виявляє сигнали незначної інтенсивності Чутливість дуже висока. Важко здійснює фільтрація при змінах програми
Розрізнення сигналу	Може охопити значну кількість фізичних вимірів. Розрізняє доволі слабкі сигнали на фоні «шумів». Обсяг каналу незначний Запам'ятовує моделі доволі високої складності. Константність сприйняття форми, глибини і рельєфу висока	Може охопити незначну кількість фізичних вимірів. Не розрізняє слабкі сигнали на фоні «шумів». Обсяг каналу дуже великий. складні моделі. Константність сприйняття дуже незначна

Функції	Характеристики людини	Характеристики машини
Інтерпретація	Дуже велика гнучкість програмування і перепрограмування дій. Можливе самоінструктування на підставі досвіду і модифікація кодів за рахунок винахідливості. Може працювати у не передбачуваних ситуаціях. Організовує фрагменти інформації, створюючи взаємопов'язані семантичні одиниці. Узагальнює інформацію на базі індуктивного мислення. Використовує «згорнуті» форми	Гнучкість перепрограмування дуже мала, жорстке кодування дій. Можливість самонавчання і винахідливості незначна. Дуже погано працює в не передбачуваних ситуаціях. Розпізнавання ситуації за окремими характеристиками неможливе. Узагальнення різних фактів незначне. Прийняття рішення на базі неповної інформації практично неможливе
Розрахунки	Повільні і неточні	Дуже швидкі і дуже точні
Зв'язок «стимул - реакція»	На той самий стимул може реагувати по-різному. Реакція порівняно повільна і нестабільна	На той самий стимул реагує відповідним чином. Реакція швидка і стабільна
Автономність	Значна незалежність у діях, здатність до саморегулювання	Усі дії передбачені програмою роботи або конструкцією машини
Надійність	Доволі незначна і підвладна змінам у часі	Може бути дуже значною і стабільною
Тривалість роботи	Незначна, за рахунок фізичного і психічного навантаження, але зберігається властивість до перевантаження за рахунок саморегуляції	Необмежена і безперервна, але перевищення заданого навантаження неможливе

Принцип відповідності враховує гнучкість оперативного мислення оператора в процесі прийняття рішень і виконання окремих дій, яка забезпечує необхідну надійність у його роботі та функціонуванні системи в цілому. Тому найвідповідальніші завдання має вирішувати людина.

Принцип активності оператора. Відповідно до цього принципу людина-оператор повинна вирішувати завдання, в котрих могла б проявити свій творчий потенціал, само реалізуватися та самоутвердитися.

Принцип легкості навчання враховує фактори часу та коштів, необхідних для відбору, підготовки і тренувань оператора, формування індивідуального стилю його діяльності.

Слід зауважити, що нині проблема розподілу функцій між людиною і машиною виявляється як проблема розподілу функцій між людиною і електронно-обчислювальною технікою, яка дуже швидко розвивається. Крім цього, потрібно диференціювати проблеми, що вирішуються у реальних масштабах часу, і проблеми, при вирішенні яких ЕОМ використовують для наукових розрахунків і цілей управління. В останньому випадку розподіл функцій між людиною і машиною дуже простий, тому що машини використовуються в тих випадках, коли треба виконати роботу швидше, надійніше і ефективніше, ніж це вдається людині. Використання ж машин у реальному часі управління потребує розподілу функцій між складовими діючих СЛМ. Цей розподіл був різним упродовж історичного розвитку трудових процесів. Спочатку від людини до машини переходили певні рухові функції, потім функції передавання інформації, а зараз і її приймання, переробки та прийняття рішень. Але це вже проблема «штучного інтелекту», яка пов'язана з наближенням машинних засобів вирішення завдань до людських.

Варто додати, що уже в той час значні у світі фахівці (Синейко і Баклі, 1957; Джордан, 1963; У. Синглтон, 1967; Б. Ломов, 1967; А. Леонт'єв, 1967 та ін.), як і увесь розвиток методології інженерної психології, довели, що замість того, щоб порівнювати можливості людини і машини, треба створювати системи, у яких машини доповнювали б людей.

3.3. Показники якості функціонування

Будь-яка СЛМ покликана задовольняти певні потреби людини або суспільства. Для цього вона повинна мати низку властивостей, які закладаються під час її проектування і реалізуються в процесі її експлуатації. Згідно з державним стандартом ДЕСТ 2.116-71, властивості СЛМ – це об'єктивна особливість, яка виявляється в процесі експлуатації. Кількісна характеристика певної властивості системи має назву показника якості СЛМ, тобто кожна СЛМ має нескінчену 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 поряд з основними показниками розробки та експлуатації технічних систем (продуктивність, надійність, економічність) різко зросло значення таких показників, як ергономічність, екологічність, естетичність, котрі забезпечують досягнення соціальної ефективності нової техніки. Використання досягнень інженерної психології при проектуванні техніки й умов її функціонування сприяє підвищенню ефективності і 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 СТЛС зумовлює наявність специфічних властивостей, які визначають інтегральні характеристики зв'язку людини і машини в конкретних умовах зовнішнього середовища. Сукупність цих специфічних властивостей, котрі 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 і 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 обробки інформації в її 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 повинен витримувати технічні параметри системи в заданих межах. Один із цих технічних параметрів, незалежно від дій оператора, почав відхилятися від заданого значення n_0 до значення n_1 котре 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, обробки 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:

$$T_{u_{\min}} = t_1 + t_{2_{\min}} + t_{3_{\min}} + t_4.$$

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 цього, людині-оператору притаманні свої, внутрішні, психофізіологічні властивості, які теж зумовлюють певні часові обмеження. При цьому ці внутрішні обмеження можуть змінюватися залежно від функціонального стану оператора. Ось чому досягнення однієї і тієї ж мети відбувається по-різному не тільки у різних операторів, але і в одного й того ж.

Та в конкретних умовах діяльності певний оператор може, не відчуваючи напруження, витратити мінімальний час на знаходження, сприйняття, переробку інформації і прийняття рішень (t_2), а також на введення цього рішення у систему через керуючі дії (t_3). За таких умов час циклу регулювання буде мінімальним:

$$T_{\text{н}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4.$$

Ця характеристика є показником внутрішніх обмежень оператора, його швидкісних можливостей, які залежать від швидкості перебігу нервових процесів.

Тепер звернемо увагу на зовнішні обмеження, які необхідно враховувати в діяльності оператора. Розглянемо той самий приклад, але припустимо, що оператор, сприйнявши відхилення параметра n за час $t_{2_{\min}}$, не реагував на нього, і воно (відхилення параметра n) наростало й надалі. Характер відхилення параметра n наведений на рис. 2.

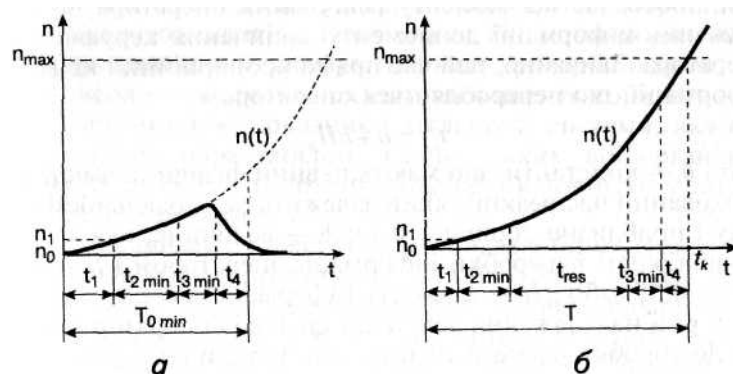


Рис. 2 Характер залежності циклу регулювання (Γ) від параметра n

Гранично допустиме відхилення даного параметра в системі – n_{\max} , збільшення якого призводить до відмови системи, як бачимо з рис. 2. Останній момент, коли лише оператор може втрутитися у функціонування системи, є час t_k , за умови, що командні дії оператор введе за час t_k , і вони пройдуть у системі за час t_4 . Виходячи з цього, оператор у наведеному прикладі має певний вільний час понад мінімальний, який був названий *резервним*:

$$t_{\text{рез}} = T_{\text{ц}} - (t_1 + t_{2_{\text{min}}} + t_{3_{\text{min}}} + t_4).$$

Слід зауважити, що поняття резервного часу введене умовно, оскільки в реальній діяльності виникають додаткові затримки інформації, які збільшують час її обробки і реагування на неї. До того ж резервний час, так би мовити, вміщує або враховує індивідуальні психофізіологічні розбіжності між операторами. Для оцінки рівня технічних обмежень у часі використовують поняття *ліміту* і *дефіциту часу*. Говорячи про «ліміт», мають на увазі певні зовнішні обмеження у часі. Термін «дефіцит» уживається тоді, коли відведений оператору час менший за мінімально необхідний для вирішення задачі. Але за рахунок саморегуляції деякі оператори можуть підвищити свої швидкісні можливості і укластися у відведений час. Правда, тут постає питання: якою «ціною» це їм вдається?

З іншого боку, 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:

$$t_{\text{оп}} = a + bH,$$

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

У разі надходження декількох сигналів оператор приступає до обробки певного сигналу через деякий час, тобто сигнал чекає своєї обробки, на що витрачається певний час – $t_{\text{чек}}$. У цьому випадку швидкодія переробки інформації оператором характеризується двома складовими:

$$t_{\text{пер}} = t_{\text{чек}} + t_{\text{оп}},$$

а тривалість циклу регулювання становить

$$T_{ц} = t_{пер} + \sum_{i=1}^n t_i,$$

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

При заданому T_n і відомих l (паспортні дані технічних пристроїв) від оператора вимагається така швидкодія:

$$t_{пер} \leq T_{ц} + \sum_{i=1}^n t_i.$$

З іншого боку, $t_{ц}$ можна визначити як суму часу кожного з етапів переробки інформації, прийняття рішень і здійснення керуючих дій — t_2 і t_3

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

- 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*.

У випадках, коли похибка в роботі оператора досягає значення, за якого неможлива подальша робота оператора або показники його діяльності не можуть забезпечити досягнення поставленої мети, її кваліфікують як *відмову людини-оператора*. Точність системи прийнято характеризувати величиною, зворотною до її найбільш допустимої похибки.

Коли мова йде про систему «людина — машина», то окрема оцінка точності оператора і техніки без урахування їхнього взаємозв'язку буде неповною. Оператор під час керування системою впливає на весь

комплекс її параметрів, які, своєю чергою, теж пов'язані між собою, і тому вплив на один із параметрів системи може відобразитися на точності регулювання інших. До того ж похибка в регулюванні різних систем вимірюється різними одиницями. Ось чому загальна похибка системи має враховувати питому вагу кожної з її складових. Такий підхід дає змогу оцінювати вплив окремих систем на загальну точність її регулювання, прогнозувати процес накопичення в окремих складових системи, що сприяє розробці цілеспрямованих заходів з підвищення точності функціонування СЛМ.

Усі похибки операторів і приладів поділяють на систематичні та випадкові.

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

- невиконання правил вимірювання;
- невиконання правил оцінки 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 факторів нестабільної дії, появу яких складно передбачити. Для операторів це, як правило, - довкілля або їх фізичний чи психічний стан. Випадкові похибки людини і техніки ліквідувати неможливо, втім, їх можна зменшити, забезпечивши належну підготовку оператора, сприятливі умови його діяльності, технічне вдосконалення приладів.

Усі похибки вимірювання в оператора або технічних приладів, незалежно від природи їхнього виникнення, поділяють на абсолютні, відносні і приведені.

Абсолютна похибка – це різниця між виміряною і реальною величинами:

$$\Delta a = a_x - a.$$

Вона виражається у тих самих одиницях, що і вимірювана величина, і не характеризує точність самого вимірювання.

Відносна похибка — це відношення абсолютної похибки до дійсного значення параметра, виражене у відсотках:

$$\beta = \frac{\Delta a}{a} 100\%.$$

Слід зауважити, що в разі зменшення значення вимірюваного параметра відносна похибка буде суттєво збільшуватися. Таким чином, вона характеризує точність вимірювання, але не сам вимірювач. Для оцінки точності вимірювального приладу використовують приведені

похибки.

Приведена похибка визначається відношенням абсолютної похибки до максимально можливого значення параметра, що вимірюється, тобто до найбільшого значення шкали або діапазону шкали, якщо всередині є нульова позначка

$$\beta_n = \frac{\Delta a}{a_{\max}} 100\%.$$

За максимальним значенням приведеної похибки визначається клас точності приладів.

Проблема точності актуальна і для діяльності людини-оператора, і для роботи техніки, і для забезпечення їхньої взаємодії. Повніше питання застосування різних методів оцінки похибок, класифікації й аналізу помилок оператора, впливу психологічних факторів на точність його роботи, регуляції точності розглянуті в спеціальній літературі.

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 застосовується для оцінки перебігу розвитку психічних процесів і їхніх результатів, впливу різних факторів 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 оцінці надійності оператора необхідно передусім визначити, що розуміється під відмовою оператора. Про це вже йшлося, коли ми розглядали показник точності роботи оператора і, зокрема, різні види похибок.

Відмова людини-оператора розглядається в інженерній психології як невиконання чи несвоєчасне виконання нею необхідних дій або таке зниження якості їх виконання, за якого 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:

- активні і пасивні, які в першому випадку пов'язані з не

правильним сприйманням інформації або виконанням дій, а в другому – з помилками пам'яті, уваги тощо;

- раптові і поступові, коли відмова виникає стрибкоподібно або поступово накопичується;

- явні і неявні – перші мають безпосередній прояв, другі – через деякий час або через інші системи.

Для оцінки і прогнозування діяльності оператора використовують такі показники:

- час роботи оператора між двома відмовами;

- кількість відмов за даний проміжок часу;

- інтенсивність відмов за певний період роботи, яка визначається за формулою

$$\lambda_{(t)} = \frac{\Delta n_{(t)}}{N_{(t)} \Delta t},$$

де $\Delta n_{(t)}$ – кількість відмов при загальній кількості дій оператора – N за період часу – Δt .

Як бачимо, показники своєчасності й точності роботи характеризують тільки окремих її результат, 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 використовується така формула:

$$P_{\text{оп}} = m / N,$$

де m — кількість правильно вирішених задач, N — загальна кількість вирішених задач.

Загальна надійність СЛМ визначається за формулою

$$P_{\text{слм}} = P_{\text{оп}} \prod_{i=1}^n P_{i(T_u)},$$

де $P_{i(T_u)}$ — надійність роботи i -ї ланки СЛМ за час циклу регулювання (T_u).

Проблема надійності в психології розглядалася ще відомим російським фізіологом І. М. Сеченовим і вже давно вивчається в експериментальній психології, втім, в інженерній психології вона почала розроблятися з 1960 р., і насамперед завдяки працям В. Д. Небиліцина. Він запропонував в оцінці надійності оператора враховувати весь комплекс внутрішніх властивостей, які зумовлюють його здатність підтримувати необхідні робочі якості в умовах суттєвого ускладнення діяльності [93]. Такий комплекс внутрішніх властивостей, який становить

потенційну здатність організму до надійної роботи, дістав назву *базової* надійності на відміну від *прагматичної* надійності, котра фіксується в реальних умовах діяльності.

За В. Д. Небиліциним, надійність людини-оператора зумовлена трьома основними факторами.

- ступенем інженерно-психологічної узгодженості техніки з психофізіологічними можливостями оператора;
- рівнем професіоналізму і 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, своєю чергою, теж може своїми діями «доводити» машину до відмови. Але тільки людина спроможна прогнозувати відмови, а в разі їхнього виникнення – знаходити і ліквідовувати причини, підтримуючи вихідні параметри системи в заданих межах.

Слід зауважити, що нині вже існують технічні системи, здатні контролювати діяльність оператора, автоматично резервувати його дії, запобігаючи відмовам у його діяльності, але вони ще не в силі замінити людину з притаманними тільки їй значними адаптивними можливостями і творчими властивостями.

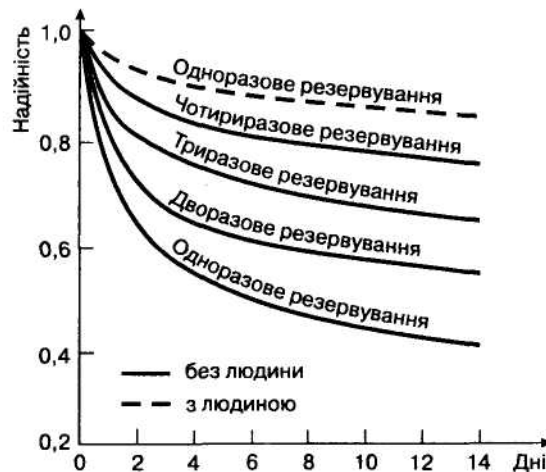


Рис. 3.

Надійність системи «людина – машина» (за Чапанісом)

З досвіду роботи операторів у різних системах управління відомо, що переважну кількість відмов технічних систем операторам вдалося своєчасно виявити і своїми діями запобігти їхньому негативному впливові на функціонування СЛМ. Підтвердженням цього можуть бути дані, наведені відомим дослідником А. Чапанісом щодо характеристики надійності роботи навігаційної системи. З представлених на рис. 3 даних можна зробити висновок, що надійність системи з участю в її керуванні

людини вища, ніж за чотириразового технічного резервування.

Пізніше, в дослідженнях Н. Д. Завадової і В. О. Пономаренка було доведено, що за відмов окремих технічних пристроїв висока надійність системи підтримувалася тільки завдяки можливостям пілота. При цьому було зафіксовано, що можливості пілота залежать від режимів його діяльності. Так, при автоматичному управлінні (автопілот) можливості пілота щодо виявлення й ліквідації відмов значно нижчі, ніж при ручному управлінні.

Таким чином, надійність діяльності є не тільки показником її результативності, а й фактором, що впливає на її організацію та режим.

Виходячи з особливостей операторської діяльності, Є. О. Мілерян виділяє чотири режими роботи: навчально-тренувальний, мінімальний, оптимальний і екстремальний. Кожен із режимів висуває свої вимоги до психофізіологічних та психологічних властивостей оператора, які зумовлюють базову надійність певної діяльності.

У процесі реальної діяльності з управління системами оператор не тільки впливає на роботу технічних систем, а й відповідно перебудовує свою внутрішню організацію, змінює поведінку для більш повного використання своїх функціональних резервів. Саморегуляція, основана на оцінці власної надійності при вирішенні подібних завдань у минулому, сприяє розширенню можливостей людини при розв'язанні поточного завдання. Проведені дослідження свідчать, що завдяки саморегуляції відбувається зміщення «демаркаційної лінії» внутрішніх обмежень і – за рахунок цього – повніше використання можливостей оператора. На процес саморегуляції і, відповідно, надійність роботи оператора впливають властивості нервової системи. Як свідчать дослідження В. С. Мерліна, Л. А. Копитової, К. М. Гуревича, В. Ф. Матвеева та інших, надійність оператора значною мірою залежить від показників сили нервової системи і тривожності.

Останніми роками проблема надійності почала вивчатися з погляду розробки методів її апріорної оцінки. Серед цих досліджень основними є праці А. І. Губинського, В. Г. Євграфова, Ю. Г. Фокіна, В. І. Ніколаєва, які запропонували конкретні аналітичні методи прогнозування надійності роботи оператора і системи в цілому.

Специфічною рисою оператора, яка не має свого аналога в технічних системах, є напруженість його діяльності. Напруженість характерна для всіх видів трудової діяльності людини. Для фізичної праці вона має назву «важкість праці», а для розумової – «напруженість праці». Відповідно застосовують і такі поняття, як фізична важкість та нервові напруження. Щодо операторської діяльності, як правило, використовують поняття «напруженість праці». Основні проблеми діагностики й управління психічними станами оператора розглядаються у підрозділі 4.4.

В ергономіці застосовують більш інтегровані показники

функціонування СЛМ, котрі забезпечують таку її властивість, як ергономічність.

Ергономічність системи оцінюється за такими показниками, як керованість, обслуговуваність, освоюваність та заселеність.

Під *керованістю* розуміється такий розподіл функцій між людиною і машиною, який забезпечує в їхній взаємодії провідну роль людини з огляду на здатність останньої до випереджувальних дій і вилучення з обміну сигналів і команд, які дезорганізують функціонування техніки або людини. З одного боку, швидкість перебігу процесів у технічних системах, точність дотримування їх параметрів, енергонасиченість машин вимагають точності, своєчасності інформації – як отриманої від машини, так і введеної в машину; а з іншого – останнє слово залишається за людиною. Випередження машиною дій людини неодмінно призводить до втрати контролю над СЛТС, до її некерованості. Така ситуація може спричинити аварію або емоційний стрес персоналу з усіма небажаними наслідками.

Обслуговуваність – це просторова доступність регульованих та змінюваних елементів, таке їх розміщення, яке забезпечує раціональні дії персоналу в процесі монтування, транспортування і ремонту СЛТС. Конструктори традиційно опікуються надійністю, тривалістю, швидкодією, масою машин та ін., але через брак ергономічних рекомендацій мало цікавляться її монтуванням, транспортабельністю, ремонтпридатністю. Нерідко обладнання, що має дуже високі функціональні характеристики, вимагає від персоналу значних затрат робочої сили через невдале розміщення вузлів машини (низько, затулені іншими деталями, тісно, неможливо застосувати інструмент і т. д.). Подібні прорахунки можуть призвести до псування техніки, відмови персоналу від роботи з нею, не кажучи вже про помилки в регулюванні.

Освоюваність – це можливість швидкого оволодіння оператором знаннями, вміннями і навичками управління та обслуговування СЛТС, яка забезпечується об'єктивністю і оптимальною організацією надходження інструктивної інформації та адаптацією СЛТС до мінімально допустимої фізичної, психологічної, освітньої підготовки персоналу. Останніми роками нагромаджено чимало відомостей про параметри антропометричних та інших групових показників, необхідних для організації навчання операторів. Водночас перехід працівників, наприклад, від універсальних металообробних верстатів до гнучких виробничих систем натрапляє на труднощі через недостатнє освоєння нового устаткування. Програмування, електроніка, інструкції з експлуатації ускладнені, не орієнтовані на реальний рівень знань персоналу, не враховано психологічні труднощі, пов'язані з новизною технологічного процесу.

Під *заселеністю* розуміється ступінь відповідності умов праці людини біологічно оптимальним параметрам робочого середовища, які

виключають надлишкову витрату робочої сили й небезпечні для її психологічного стану, соматичного здоров'я, нормального розвитку фактори. Заселеність визначають не тільки фізичні фактори зовнішнього середовища (температура, шум, загазованість та ін.), а й психофізіологічні (пропорційність інтенсивності інформації щодо можливостей аналізаторів людини), психологічні (міжособистісні стосунки, згуртованість колективу), антропометричні (робота в обмеженому, замкненому просторі, у незручній позі).

За допомогою цих показників порівнюють різні варіанти майбутніх СЛМ на стадіях проектування або оцінюють діючі СЛМ на стадіях експертизи.

3.4. Інформація та оператор у системі управління

Для опису та оцінки діяльності людини-оператора з переробки інформації у СЛМ застосовують ідеї, поняття і 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 отримання, переробки, зберігання і передавання інформації. Інформацію визначають як функцію відношення кількості можливих відповідей до і після її отримання, тобто функцію відношення апостеріорної імовірності події до її апріорної 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 того 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 смислу (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 апріорна ентропія системи була – I_0 , а після отримання повідомлення – I_0 то кількість отриманої інформації становитиме

$$I_x = I_0 - I_1.$$

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 береться така її кількість, котру отримано під час вибору з двох рівно ймовірних станів системи. Вона вимірюється у подвійних одиницях інформації, або бітах. Тобто 1 біт – це ентропія системи, яка має два рівно ймовірних стани. При цьому кількість інформації, з якою працює людина, характеризує ступінь складності завдання, що вирішується.

Передавання інформації у СЛМ показано на схемі 3:



Схема 3.

Згідно з цією схемою, людина-оператор отримує інформацію не безпосередньо від джерел повідомлення, а через інформаційну модель, і тому ця інформація може суттєво відрізнитися від вхідної за рахунок перекодування та можливостей технічних засобів. Це по-перше. По-друге, кількість інформації може зменшуватися через вплив перешкод ($I_{\text{пер}}$) та збільшуватися завдяки додатковій інформації ($I_{\text{дод}}$). 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. В цьому разі загальна кількість інформації буде така:

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

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

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

Але на цьому шляху є і певні труднощі. По-перше, алфавіт сигналів, з якими працює людина, суттєво відрізняється від алфавіту фізичних сигналів, тому що людина може перекодувати, збільшувати обсяг інформації, використовуючи попередній досвід. По-друге, суб'єктивна вірогідність інформації відрізняється від об'єктивної. Так, для оператора-початківця всі стани системи однаково вірогідні, а для

досвідченого – суб'єктивна вірогідність близька до об'єктивної. По-третє, теорія інформації не враховує смисловий її контекст. По-четверте, в теорії інформації розглядаються стаціонарні процеси, характеристики яких не змінюються в часі. Натомість навчання, втома, перешкоди тощо впливають на властивості людини. По-п'яте, кожен вид інформації по-різному відображається на діяльності оператора. Особливості полімодальності людини також варто враховувати при підрахуванні інформації.

Ці труднощі призводять до певних розбіжностей між теоретичними результатами і практичними даними. Але, незважаючи на ці обставини, вони можуть бути застосовані на початкових етапах проектування СЛМ, даючи попередню кількісну оцінку діяльності оператора.

В автоматизованих системах оператор не може безпосередньо наглядати за об'єктом і тому отримує інформацію за допомогою інформаційних моделей (схема 3), 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 та 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, а 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 з 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, а 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, а 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 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 керуюча діяльність оператора в СЛМ.

У сучасних автоматизованих системах управління оператор приймає рішення і діє, враховуючи не тільки інформацію, яку отримує з інформаційних моделей, а 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 та зовнішнього середовища, яка виникла на базі інформаційної моделі, нагромаджених знань та досвіду самого оператора. Це суб'єктивне відображення стану системи у свідомості оператора.

Концептуальна модель відображає потреби людини, систему переконань, професійні якості, тобто всю її позицію 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 приймаються 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 передаються 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 прояву 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 слугувати основою появи різних концептуальних моделей, залежно від вирішуваного завдання та 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 і реальної ситуації, і майбутнього, 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 представлена у вигляді таких чотирьох основних блоків, як приймання інформації, оцінка та переробка 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 оцінки та переробки – її декодування та створення певної концептуальної моделі, яка слугує основою прийняття рішень та здійснення ефективних керуючих дій оператором.

Контрольні запитання

1. Які ознаки є основою класифікації СЛМ?
2. За якими принципами розподіляються функції СЛМ і які вимоги при цьому висуваються?
3. Які інженерно-психологічні властивості?
4. Як здійснюється передавання інформації СЛМ?
5. Схарактеризуйте інформаційну і концептуальну моделі діяльності оператора в СЛМ.

Теми рефератів

1. Психологічні основи класифікації основи СЛМ.
2. Інженерно-психологічні основи розподілу функцій у СЛМ.
3. Інженерно-психологічні характеристики функціонування СЛМ.
4. Роль концептуальних моделей у процесі управління СЛМ.

Лекція 4

ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ДІЯЛЬНОСТІ ОПЕРАТОРА

4.1. Приймання інформації

Важливою складовою діяльності оператора є етап приймання інформації про об'єкт управління. Головними психічними процесами, що забезпечують перебіг цього етапу, є процеси відчуття, сприймання, мислення та уяви. Приймання інформації людиною-оператором необхідно розглядати як процес формування перцептивного образу, тобто суб'єктивного відображення у свідомості людини властивостей об'єкта, що на неї діє. Психологічні дослідження розкрили структуру цього процесу, який складається зі стадій знаходження, розрізнення, впізнання. До того ж виділяють стадії становлення просторових компонентів самого перцептивного образу: виявлення об'єкта в просторі та оцінка його загальних пропорцій, відображення різких зсувів кривизни, глобально-адекватне відображення форми та стадія досягнення цілковитої адекватності об'єкта.

Саме сприймання характеризується певними властивостями – цілісністю, структурністю, константністю, усвідомленістю, предметністю, вибірковістю. Перелічені властивості не є первинними, а формуються у процесі розвитку людини, становлення її професійної майстерності, що має суттєве значення для побудови інформаційних моделей. Фізіологічною основою формування перцептивного образу є робота аналізаторів, котрі 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 та хімічних подразників є досить значною та різною і характеризується абсолютним, диференціальним (табл. 2) та оперативним порогами.

Мінімальна сила подразника, що викликає ледь помітне адекватне відчуття, називається *нижнім абсолютним порогом*

Таблиця 2

Характеристики порогів чутливості різних аналізаторів

Аналізатор	Абсолютний поріг		Диференціальний поріг		Ступінь використання у технічних системах
	Один. вимір.	приблизна величина	Один. вимір.	приблизна величина	
Зоровий	лк	$4 \cdot 10^9 - 10^3$	лк,	0,01; 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 – 10 000	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	–

чутливості даного аналізатора, а максимальна – *верхнім абсолютним*

порогом чутливості. Подальше зростання сили подразника викликає вже больову реакцію.

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

$$E = 1 / I_n,$$

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.

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, за якого фізіологічне збудження аналізатора перевищуватиме його внутрішні біологічні шуми.

За допомогою аналізаторів людина може не тільки відчувати той чи той сигнал, а й розрізняти його за інтенсивністю. Для цього вводиться поняття *диференціального порога*, який характеризується мінімальними відмінностями відчуттів при відображенні інтенсивності двох подразників. Для окремих відчуттів диференціальні пороги чутливості залишаються більш або менш незмінними щодо значення первинного подразника:

$$\Delta I / I = K,$$

де I – вихідна сила подразника, ΔI – диференціальний поріг.

Коефіцієнт пропорційності K для зорового аналізатора становить 0,01, слухового – 0,1, тактильного – 0,3.

На базі цих закономірностей був запропонований основний психофізіологічний закон Вебера-Фехнера, за яким інтенсивність відчуття прямо пропорційна логарифмові сили подразника:

$$E = k \lg R + c,$$

де E – інтенсивність відчуття, R – сила подразника, k та c – константи.

Слід зауважити, що цей закон діє в межах середнього діапазону чутливості аналізатора і не враховує вплив стану людини на його чутливість.

Пізніше був запропонований інший опис характеру зв'язків між інтенсивністю відчуття та силою подразника, а саме ступеневий зв'язок – закон С. Стівенсона.

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 використовують 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.

Крім порогів, пов'язаних з енергетичними характеристиками аналізаторів, у інженерній психології застосовуються просторові й часові пороги, які теж можуть бути абсолютними, диференціальними і оперативними.

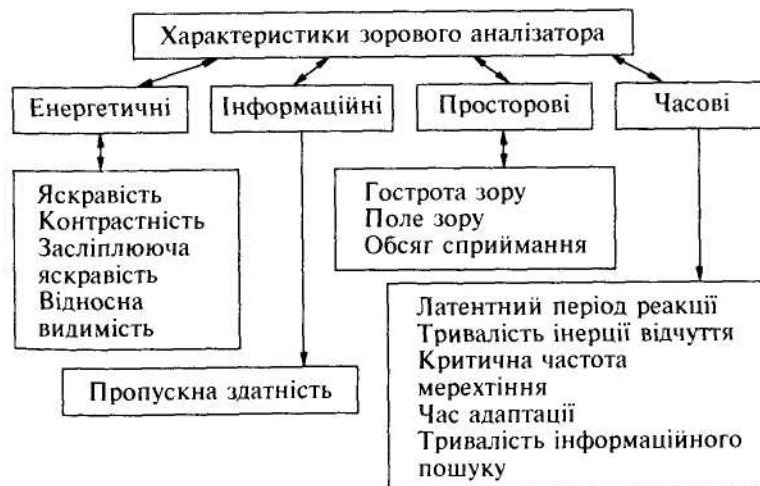


Схема 4

Так, розглядаючи залежність у часі, В. Валтер запропонував динамічний поріг диференціальної чутливості:

$$\Delta D = \Delta S \frac{1 + V_0}{V_i - V_0},$$

де ΔS – статичний поріг, V_0 – порогова швидкість зміни інтенсивності подразника, V_i – швидкість зміни інтенсивності подразника в даних умовах.

За великої швидкості – $V = d5$, тобто динамічний поріг дорівнює статистичному.

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

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. 2), можна скласти загальні вимоги до сигналів-подразників, які надходять до оператора:

- інтенсивність сигналу не має перевищувати меж середнього діапазону чутливості аналізатора;
- різниця між сигналами повинна 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.

3.1.2. Характеристика зорового аналізатора

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 (схема 4).

Енергетичні характеристики зорового аналізатора визначаються *інтенсивністю сигналів*, або *яскравістю*. Світловий потік, що падає на око людини, породжує певні зорові відчуття. Об'єкт краще виглядатиме або сприйматиметься, якщо він випромінюватиме певну кількість світла, тобто матиме певну яскравість, яка визначається за формулою

$$B = \frac{I}{S \cos \alpha},$$

де I – потужність світла, тобто світловий потік на одиницю тілесного кута, S – площа освітленої поверхні, α – кут зору, під яким розглядається ця поверхня.

Сама яскравість об'єкта визначає величину нервових імпульсів, що виникають на сітківці ока.

Яскравість об'єкта можна визначити за формулою

$$B_{об} = B_{вип} + B_{від},$$

де $B_{вип}$ – яскравість випромінювання самого об'єкта, $B_{від}$ – яскравість відображення об'єктом зовнішнього світла.

Яскравість випромінювання визначається потужністю та світловіддачею самого об'єкта.

Яскравість відображення об'єктом певного світлового потоку залежить від кольору та розташування поверхні об'єкта відносно ока людини

$$B_{\text{від}} = \frac{E\rho}{\pi},$$

де E – освітленість поверхні, лк; ρ – коефіцієнт кольорового відображення поверхні.

Діапазон чутливості зорового аналізатора значний – від 10^6 до 10^9 кд/м² (рис. 4).

Контрастність між об'єктом і фоном теж зумовлює ефективність приймання інформації оператором. Розрізняють два види контрасту: прямий і зворотний. Кількісно коефіцієнт контрастності вираховується за такими формулами:

$$K_{\text{зв}} = \frac{B_{\text{об}} - B_{\text{ф}}}{B_{\text{об}}}; K_{\text{пр}} = \frac{B_{\text{ф}} - B_{\text{об}}}{B_{\text{ф}}},$$

де $B_{\text{ф}}$ – яскравість фону, $B_{\text{об}}$ – яскравість об'єкта.

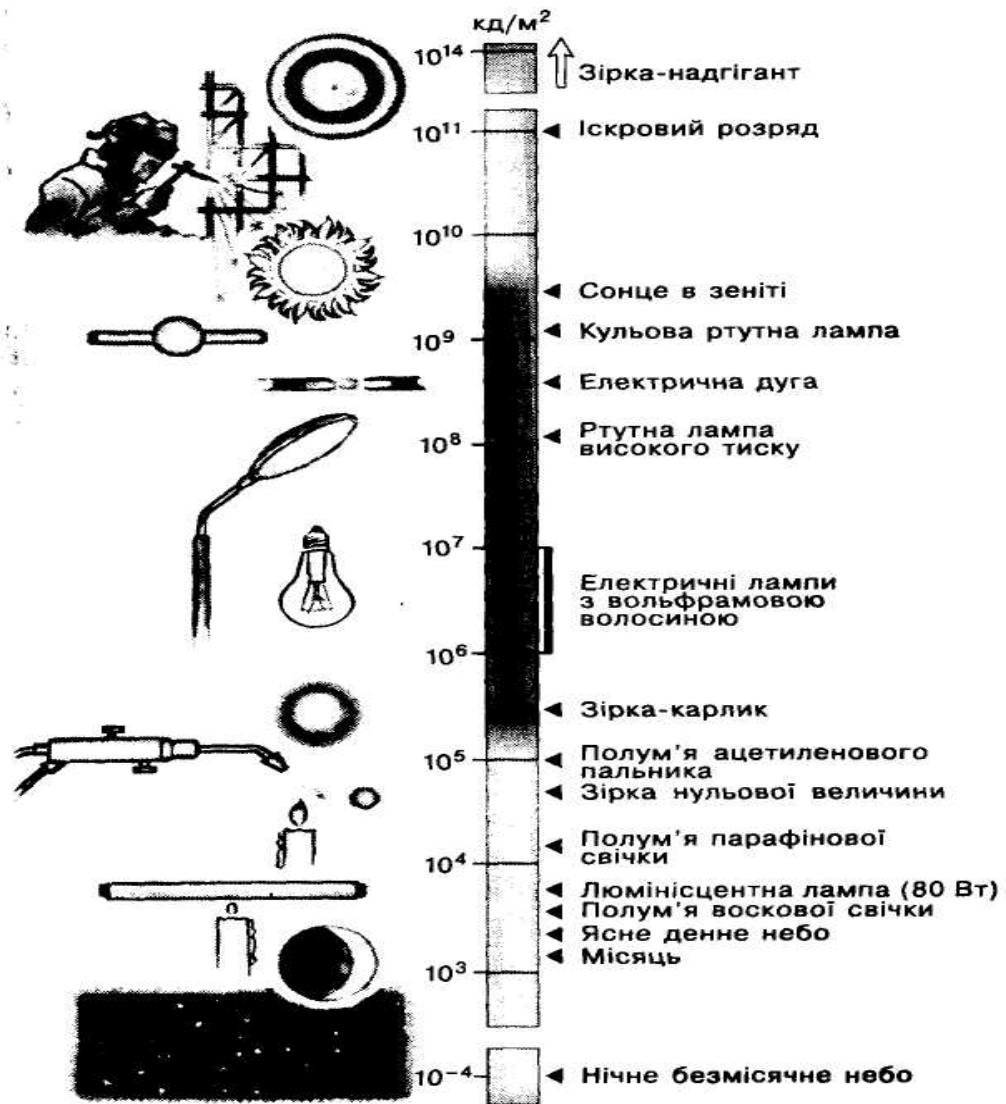


Рис. 4 Яскравість різних об'єктів

Оптимальна величина коефіцієнта контрастності знаходиться в межах 0,60...0,95.

Робота в прямому контрасті більш сприятлива, ніж у зворотному.

Але для забезпечення нормальної роботи оператора необхідно знати, як цей контраст сприймається в конкретних умовах. Для цього вводиться поняття *порогового контрасту*:

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

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. Нагадаємо, що для оперативного порога величина повинна бути в 10...15 разів

більша за диференціальний поріг, тобто коефіцієнт контрасту K_{up} чи K_m повинен бути в 10... 15 разів більшим за диференціальний поріг.

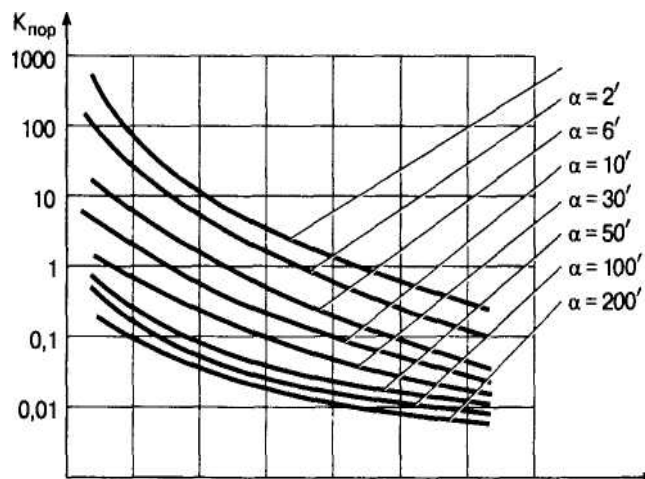


Рис. 5

Залежність порогової контрастності від яскравості й кутів розмірів об'єкта

До того ж величина порогового контрасту залежить від яскравості та розмірів об'єкта (кутові величини – α). Характер цих співвідношень зображений на рис. 5.

Аналіз наведених на рис. 5 даних свідчить, що об'єкти великих розмірів добре сприймаються і за менших контрастів.

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 за прямого контрасту поліпшує умови сприймання інформації, оскільки яскравість фону зростає більше, ніж яскравість об'єкта, а за зворотного контрасту – навпаки. Величина порогового контрасту залежить і від часу експозиції інформації. При необмеженій експозиції користуються графіками, що наведені на рис. 5, а за обмеженого часу експозиції величина порогового контрасту визначається формулою

$$K = \frac{K_{пор}}{1 - e^{-t_e/t_p}},$$

де $K_{пор}$ – величина порогового контрасту при необмеженому часі експозиції, t_e – час експозиції, t_p – час реакції людини.

Засліплююча яскравість. Оператор сприймає інформацію різної інтенсивності, однак сигнали значної яскравості можуть спричинити осліплення.

Засліплююча яскравість визначається розміром освітленої поверхні, яскравістю сигналу, а також рівнем адаптації ока:

$$B_c = B_a + \frac{840}{\sqrt[4]{\omega}} \sqrt[3]{B_a},$$

де ω – тілесний кут, під яким оператор бачить освітлену поверхню (в стерadianах).

Значення засліплюючої яскравості при різних рівнях адаптації наведені в таблиці 3.

Прийнятними вважаються перепади яскравостей у межах 1...1/30.

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.

Таблиця 3

Характеристики засліплюючої яскравості

Яскравість поля адаптації, $кд/м^2$	Засліплююча яскравість, $кд/м^2$	Яскравість поля адаптації, $кд/м^2$	Засліплююча яскравість, $кд/м^2$
$3,2 \times 10^{-6}$	$6,4 \times 10$	$3,2 \times 10$	$1,11 \times 10^4$
$3,2 \times 10^{-3}$	$5,9 \times 10^3$	$3,2 \times 10^3$	$4,62 \times 10^4$
$3,2 \times 10^{-1}$	$2,18 \times 10^3$	$15,9 \times 10^4$	$15,9 \times 10^4$

Відносна видимість. Око людини сприймає електромагнітні хвилі діапазону 380...760 нм. Але очі людини мають різну чутливість до різних хвиль. Найбільша чутливість – до хвиль в діапазоні 500...600 нм. Це – жовто-зелений колір. Залежність чутливості ока від довжини хвилі, тобто відчуття від подразника, характеризується коефіцієнтом відносної

$$K_\lambda = \frac{S_\lambda}{S_{max}},$$

видимості K

де S_λ – відчуття, які виникають при дії подразника з довжиною хвилі λ ,

S_{max} – відчуття, що виникає при дії подразника тієї ж потужності, але з довжиною хвилі 550 нм.

Ця залежність показана на рис. 6.

Із цієї залежності зрозуміло, що для забезпечення однакового зорового відчуття сигналів різного кольору необхідно, наприклад, потужність синього випромінювання збільшити у 16,6 раза, а червоного – в 9,3 раза відносно жовто-зеленого кольору сигналів. Підвищення потужності сигналів можна забезпечити за рахунок яскравості, розміру

сигналу та збільшення часу його сприймання.

Інформаційні характеристики зорового аналізатора зумовлені *пропускною здатністю*, що визначає кількість інформації, яку може сприйняти аналізатор за одиницю часу.

Якщо зоровий аналізатор уявити каналом зв'язку, котрий складається з ділянок різної пропускної здатності, то найбільша пропускна здатність – $5,6 \times 10^9$ біт буде на рівні фоторецепторів (сітківки) ока, на рівні кори – 20...70 біт, а для діяльності в цілому (прийняття рішень та виконання керуючих дій людини) –

2...4 біти. Тому зоровий аналізатор порівнюють з інформаційною «лійкою» - на вході має місце значна кількість інформації, яка поступово зменшується, досягаючи рівня прийняття рішення або рівня реакції.

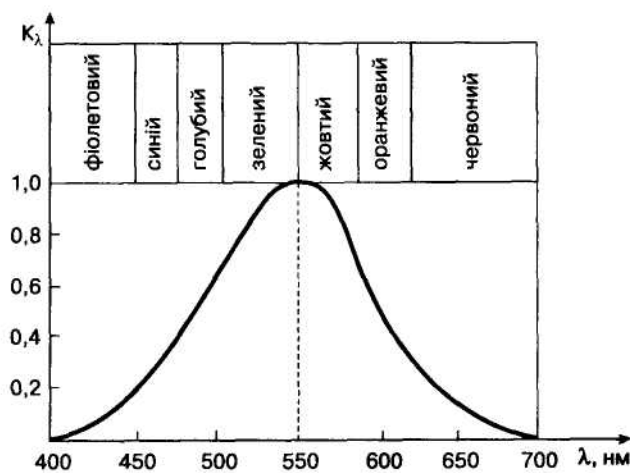


Рис.6

Чутливість ока до хвиль різної довжини

Просторові характеристики зорового аналізатора залежать від гостроти зору, поля зору і обсягу сприймання. *Гострота зору* характеризується властивістю ока розрізнявати дрібні деталі об'єкта. Вона визначається величиною, еквівалентною тому мінімальному розмірові об'єкта, за якого він розрізняється оком. Розмір об'єкта виражається в кутових величинах, котрі пов'язані з його лінійними розмірами таким

$$H=2/tg(\alpha/2)$$

співвідношенням:

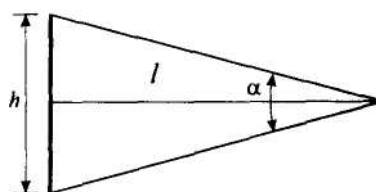


Рис.7

Співвідношення лінійних і кутових розмірів об'єкта, де l – відстань до об'єкта; h і a – відповідно лінійний і кутовий розміри об'єкта (рис. 7).

Нормальним вважається зір, при якому людина розрізняє об'єкти величиною Γ , що є одиницею гостроти зору, котра залежить від рівня освітлення об'єкта, відстані до нього та його положення відносно спостерігача.

Так, наприклад, якщо розглядати об'єкт під кутом 10° , гострота зору буде в 10 разів менша, а під кутом 30° – у 23 рази менша, ніж коли цей об'єкт знаходиться прямо перед спостерігачем.

Гострота зору характеризує абсолютний просторовий поріг зорового аналізатора. Оператор повинен 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 $30..40'$. Це розмір знака та інших елементів зображення об'єкта, котрі мають зовнішні та внутрішні деталі.

Поле зору умовно поділяють на три зони:

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

Об'єкти, що перебувають у периферійній зоні, можуть бути переміщені в іншу зону при простому повороті голови або русі очей.

Обсяг сприймання характеризується кількістю об'єктів, які охоплює людина за одну фіксацію ока, тобто за симультанного сприймання. Доведено, що за одну фіксацію людина може охопити 4-8 не пов'язаних між собою об'єктів. Було експериментально доведено, що в зоровому образі відображається значна кількість об'єктів, але відтворюється їх значно менше, і цей процес залежить від обсягу пам'яті, тобто при визначенні цього параметра потрібно враховувати не стільки характеристики сприймання, скільки характеристики короткочасної пам'яті, зокрема обсяг зберігання та відтворення інформації.

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 мЛс.

Розглянемо часову діаграму роботи зорового аналізатора (рис. 8).



Р и с. 8

Часова діаграма роботи зорового аналізатора

Рис. 8

Часова діаграма роботи зорового аналізатора

Упродовж часу $t_0 - t_3$ діє подразник, втім, зорове відчуття починається лише через певний період $t_0 - t_2$ 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*.

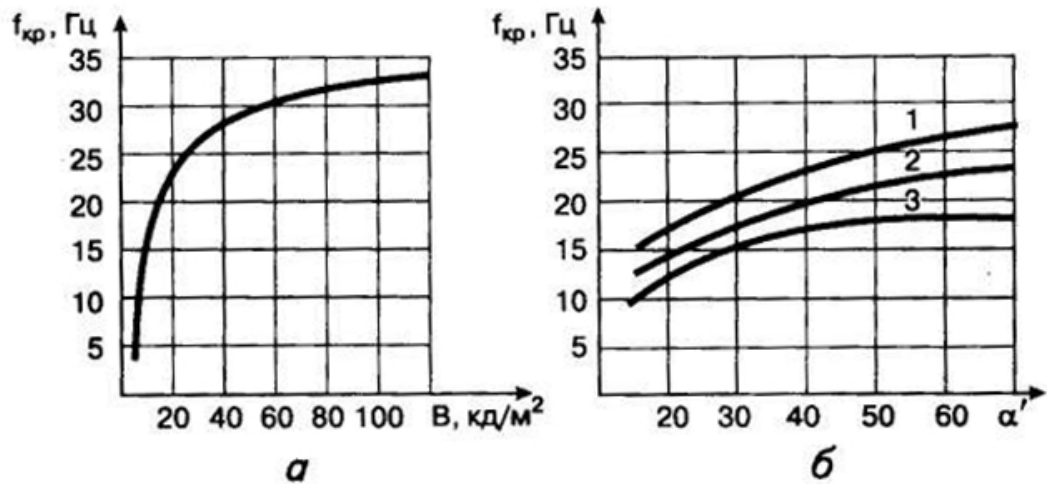
Тривалість інерції відчуття залежить не тільки від характеристик сигналу (яскравості, кутових розмірів), а й від того, яким буде наступний сигнал, тобто наскільки він зможе «загасити» дію попереднього сигналу. В цей час виникають так звані «послідовні образи», які мають різні характеристики (за кольором і розміром) і в певній послідовності змінюють один одного.

Може виникнути така ситуація, коли дія попереднього (першого) сигналу буде мати своє продовження завдяки послідовним образам, і в той же час почнеться дія наступного (другого) сигналу, тобто послідовний образ може накладитися на перцептивний образ наступного сигналу, і оператор не зможе відрізнити елементи першого сигналу від елементів Другого. Тому час дії основного сигналу повинен урахувувати час дії послідовного образу (табл. 4).

Урахування цих особливостей має велике значення для.

Залежність часу інерції відчуття від яскравості та кутових розмірів об'єкта *Таблиця 4*

Кутові розміри	Рівень яскравості, $кд/м^2$				
	64	32	10	1	0,2
11'	31	32	34	73	113
23'	26	25	26	48	88
1,5°	17	15	19	38	68
90°	13	17	14	26	54



Р и с. 9
 Залежність критичної частоти мерехтіння:
 а – від яскравості; б – від розмірів і конфігурації знаків
 (1, 2, 3 – відповідно знаки складної, середньої та простої конфігурації)

організації потоку інформації. Якщо сигнали подаються дискретно, то їхній період має бути не менший за 0,2...0,6 с, в іншому разі образи попереднього і наступного сигналів будуть накладатись 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 і спектрального складу сигналу, його розмірів та конфігурації знаків (рис. 9).

$$f_{\text{кчм}} = a \lg B + c,$$

Залежність КЧМ від яскравості об'єкта підпорядкована основному психофізіологічному закону,

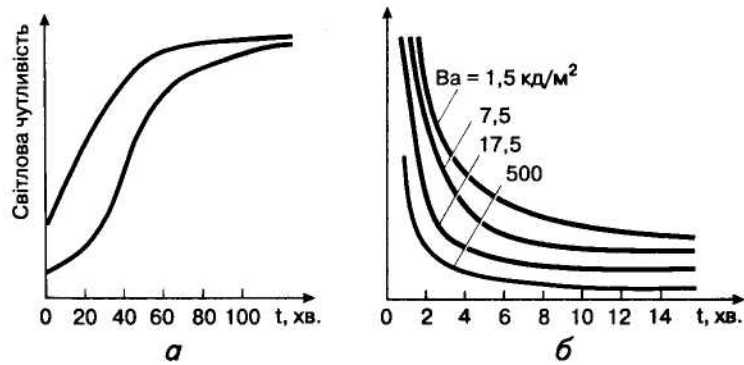
де a і c – константи, які залежать від розміру і конфігурації знака, а також від спектрального складу сигналу.

В нормальних умовах спостереження КЧМ становить 15...25 Гц, при втомі вона знижується. Якщо мерехтіння застосовується для кодування інформації (привертання уваги оператора), треба мати на увазі, що зорова втома буде найменшою за частоти 3-8 Гц.

Час адаптації. Чутливість зорового аналізатора може змінюватися в 10^x разів. Є дві форми адаптації:

- темнова, при переході від світла до темряви;
- світлова, при переході від темряви до світла.

Час адаптації залежить від її форми і становить десятки хвилин при



Р и с. 10
Графіки зміни чутливості ока при адаптації:
а – темновій; б – світловій

темновій та хвилини або частки хвилини при світловій.

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

Рухи очей поділяються на дві групи:

- пошукові, настановчі;
- гностичні, пізнавальні.

Для деяких видів операторської діяльності процес сприймання інформації зводиться до інформаційного пошуку сигналу або об'єкта з заданими ознаками. Такими ознаками можуть бути: світіння об'єкта, мерехтіння сигналу, колір або форма об'єкта, положення стрілки на приладі тощо. Завдання оператора полягає у знаходженні необхідного сигналу за допомогою руху очей і встановлення їх у потрібну позицію.

Загальний час інформаційного пошуку визначається за формулою

$$T_{in} = \sum_{i=1}^n (t_{n_i} + t_{\phi_i}),$$

де t_u – час переміщення погляду, t_{ϕ_i} – час фіксації погляду, n – кількість фіксацій або кроків пошуку, t_n залежить від відстані переміщення погляду, тобто від кута, на який «сягає» око, а t_{ϕ} – від властивостей інформаційного поля, складності його елементів, індивідуально-психологічних властивостей людини та професійної підготовки оператора.

В той же час для певних завдань і стабільного інформаційного поля ця характеристика відносно постійна (табл. 5).

Середня тривалість фіксації погляду при вирішенні завдань інформаційного пошуку

<i>Завдання</i>	t_{ϕ} , см.
Пошук сигналу на екрані РЛС	370
Читання літери або цифри	310
Пошук умовних знаків	300
Пошук простих (звичайних) геометричних фігур	200
Фіксація мерехтіння індикатора	280
Знаходження певного умовного знака	640
Наведення на ціль при бомбардуванні	1200

В багатьох експериментальних дослідженнях [16; 17; 44; 45; 132; 146] було виявлено, що час переміщення погляду становить усього 5% часу інформаційного пошуку, і якщо цю складову не враховувати, то середнє значення тривалості інформаційного пошуку буде дорівнювати

де n – математичне очікування кількості зорових фіксацій або

$$\bar{T}_{in} = \bar{n} t_{\phi},$$

кроків пошуку об'єкта з заданими властивостями.

На базі згаданих експериментальних досліджень була побудована математична модель інформаційного пошуку [100; 132]:

$$\bar{T}_{in} = \bar{n} t_{\phi} = \frac{N/a+1}{M+1} t_{\phi},$$

де N – загальна кількість елементів інформаційного пошуку, M – кількість елементів із заданими властивостями, a – обсяг зорового сприймання в просторовій зоні розміром 10° (оперативне поле сприймання) з урахуванням обсягу оперативної пам'яті.

Ця модель дає змогу підрахувати кількість елементів інформаційного поля або каналів зв'язку, або сигналів, за якими може стежити оператор, і встановити в їхній роботі певні відхилення за відведений час:

$$N = a \left[\frac{\bar{T}_{in} (M+1)}{t_{\phi}} - 1 \right].$$

Значну роль у сприйманні інформації відіграють рухи очей. Вони поділяються на два основні класи: пошукові та гностичні.

За допомогою *пошукових рухів очей* оператор віднаходить необхідний об'єкт або задану його ознаку, переводить об'єкт у потрібне поле зору (ясного бачення або центральне).

Тривалість пошукових рухів залежить від структури інформаційного поля, складності об'єкта та визначеності його параметрів, тобто трудності завдання, а також від професійного досвіду оператора та його індивідуально-психологічних характеристик. Застосування характеристик активності рухів очей людини-оператора для визначення часу інформаційного пошуку $T_{ин}$ дає змогу оцінити різні варіанти інформаційної моделі та визначити кількість об'єктів, за якими може стежити оператор (IV).

Гностичні (пізнавальні) рухи очей беруть участь в обстеженні об'єкта, розрізненні необхідних деталей, ознак, його впізнанні. Відомо, що основну інформацію очі отримують за час фіксації (t), яка при інформаційному пошуку є величиною відносно постійною. Потрібно зауважити, що при розв'язанні завдань інформаційної підготовки рішення як складових процесу оперативного мислення (підрозділ 3.3) порушується регулярність сакадичних рухів очей, а тривалість фіксацій ($T_{ф}$) змінюється у широкому діапазоні залежно від стадій процесу інформаційної підготовки рішення. До того ж важливі не тільки кількісні показники активності рухів очей, а і якісні, певна послідовність переміщення погляду, з допомогою якої можна охарактеризувати застосовану тактику або стратегію діяльності оператора. Для реєстрації руху очей використовують різні методики – від кінозйомки до методу електроокулографії (ЕОГ). На рис. 11 продемонстровано записування руху очей при сприйманні показників елементів панелі приладів автомобіля методом ЕОГ.

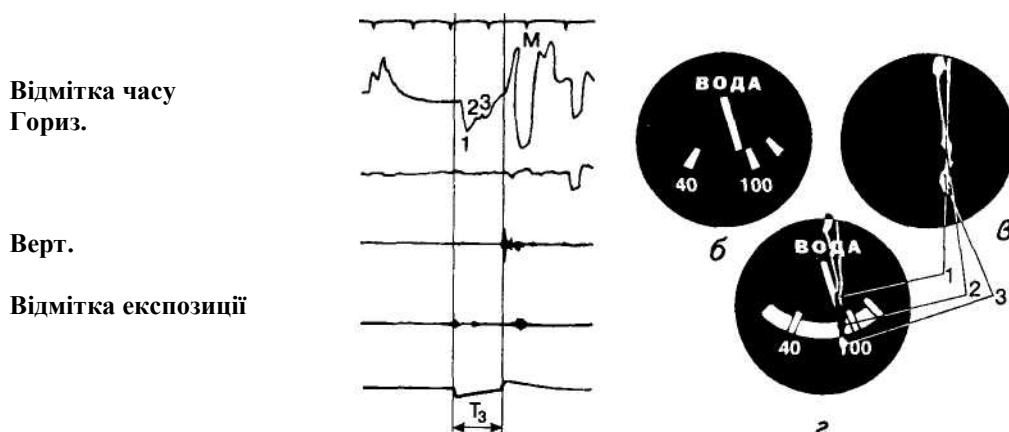


Рис. 11

Записи руху очей методом електроокулографії:
а — записування ЕОГ; б — розглядуване зображення;
в — записування ВЕОГ; г — зображення об'єкта з ВЕОГ

На рисунку зліва записано складові (горизонтальна та вертикальна) руху очей, зроблені за допомогою енцефалографа, а справа тестовий об'єкт (б), векторелектроокулограма (ВЕОГ), яка накладена на тестовий об'єкт (г).

Просторово-часові характеристики руху очей виявляють найбільш інформативні зони інформаційного поля для певного оператора, розкривають послідовність його дій з будівництва образно-концептуальної моделі (ОКМ). Крім цього, записування ВЕОГ зафіксує конкретні дії, які не усвідомлює сам оператор.

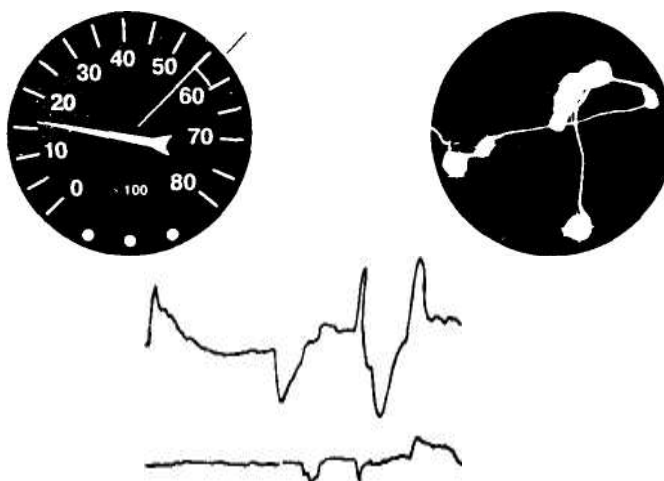


Рис.12

Записи руху очей методом векторелектроокулографії при сприйманні стрілкового приладу

На рис. 12 наведена ВЕОГ руху очей при сприйманні показника стрілкового приладу. В своїх відповідях оператор стверджував, що не обстежував критичну зону, яка була позначена червоним кольором. Але записи ВЕОГ свідчать, що процес сприймання він почав з обстеження цієї зони, зробивши не один крок і витративши певний час.

Таким чином, у процесі інформаційної підготовки рішення беруть участь неусвідомлювані компоненти діяльності оператора, на які впливають так звані суб'єктивні фактори – мотиви, цілі, установки, воля тощо. Методи самоспостереження тут непридатні, тому ведеться пошук таких методів, за допомогою яких можна було б описати не тільки фази інформаційної підготовки рішення, а й саму розумову діяльність оператора, її стадії, фази і компоненти.

3.1.2. Характеристики слухового аналізатора

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, котрий спричинює зміни тиску або механічну напругу в середовищі. Основні характеристики звукових коливань – амплітуда (інтенсивність), частота і форма звукових хвиль – відображаються у таких слухових відчуттях, як гучність, висота і 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

$$I_0 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ дин/см}^2$$

звуку виражається в логарифмічних одиницях щодо початкового рівня:

$I = 2 \cdot 10^4$ 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 1с). 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 і складні. Коливання з однією частотою – це прості звуки, або чисті тони. Всі інші розглядаються 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 пороги слухового аналізатора залежать від частоти звукового сигналу. Значення нижнього і верхнього абсолютного порогів, а також «зона» мови показані на рис. 13.

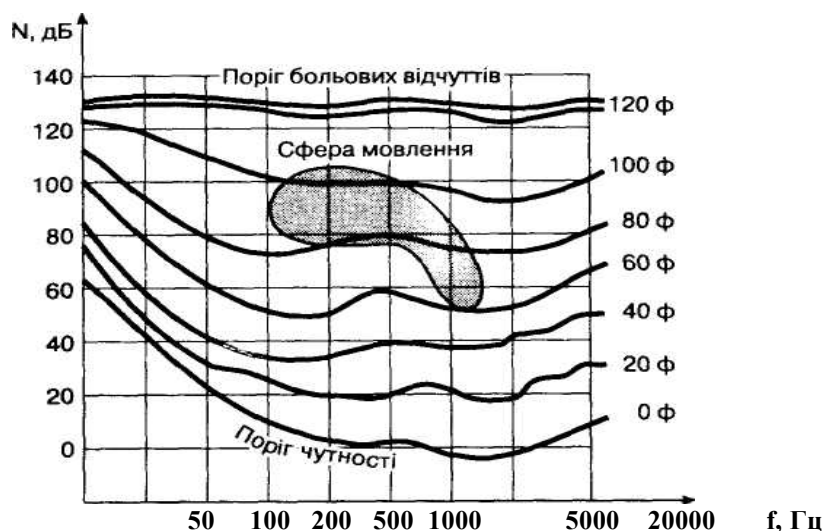


Рис. 13
Лінії рівної гучності

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 оцінюється як рівний за гучністю тону з інтенсивністю 100 дБ і частотою 1000 Гц (рис. 13).

Диференціальний поріг за інтенсивністю залежить від вихідної інтенсивності сигналу та його частоти. В зоні мови величина енергетичного диференціального порога більш-менш постійна і дорівнює 0,1 вихідної інтенсивності сигналу.

Диференціальний поріг за частотою залежить і від вихідної частоти сигналу та від його інтенсивності. В межах від 60 до 2000 Гц за інтенсивності звуку більше 30 дБ диференціальний поріг дорівнює 2-3 Гц. Для звуків понад 2000 Гц ця величина різко зростає і змінюється пропорційно до зростання частоти, також як і при зменшенні інтенсивності звуку нижче за 30 дБ (рис. 14)

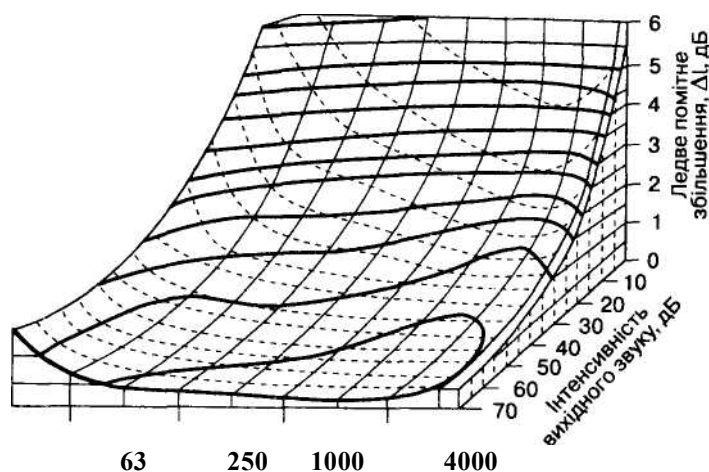


Рис.14

Диференціальні енергетичні пороги слухового аналізатора

Значний вплив на пороги має тривалість сигналу. Часовий поріг чутливості акустичного аналізатора теж залежить від інтенсивності й частоти сигналу. При інтенсивності, більшій за 30 дБ, і частоті, більшій за 1000 Гц, слухове відчуття виникає вже за тривалості сигналу в 1 мс. Але при зменшенні інтенсивності звуку до 10 дБ (при тій же частоті) часовий поріг становитиме 50 мс.

Для оцінки якості сигналу його мінімальна тривалість має бути 20...50 мс, при меншій – звук сприймається як клацання, тобто не розрізняється ані висота тону, ані його гучність. Крім того, на диференціювання двох звуків за частотою та інтенсивністю впливає не тільки їхня тривалість, а й тривалість інтервалів між ними.

Акустичний аналізатор забезпечує також відображення розміщення сигналу в просторі щодо його отримувача.

Коротка відстань, близько 1-2 метрів, 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 за двометрової відстані.

Важливу роль в оцінці відстані до джерела сигналу відіграють його гучність і частота. Сигнал, гучність якого збільшується, сприймається 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 оцінюється як більш віддалений.

Визначення напрямку звуку залежить від його частоти. Для низьких частот (до 800 Гц) поріг розрізнення напрямку в горизонтальній площині становить 10° ... 11° , зі збільшенням частоти до 3000 Гц – уже 20° ... 22° , а при частоті понад 3000 Гц він знову зменшується. Для частоти 10 000 Гц поріг розрізнення напрямку – 13° . Крім того, точність визначення напрямку дії звуку залежить і від розміщення самого джерела сигналу відносно тіла людини. Краще диференціюється звук у горизонтальній площині, ніж у вертикальній; при цьому кращим є правий напрямок, ніж лівий. Добре диференціюється місцезнаходження джерела звуку попереду напрямку, але його часто плутають з верхнім розміщенням, оскільки значну роль відіграє тут ефект взаємодії рецепторів акустичного аналізатора. Бінауральний ефект допомагає визначити положення джерела звуку за рахунок різниці часу надходження звукових коливань до правого і 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.

На диференціальний поріг суттєво впливають адаптація і бінауральність або монауральність прослуховування, а також явище «маскування» чистих тонів на фоні білого шуму. Ця залежність показана на рис. 15.

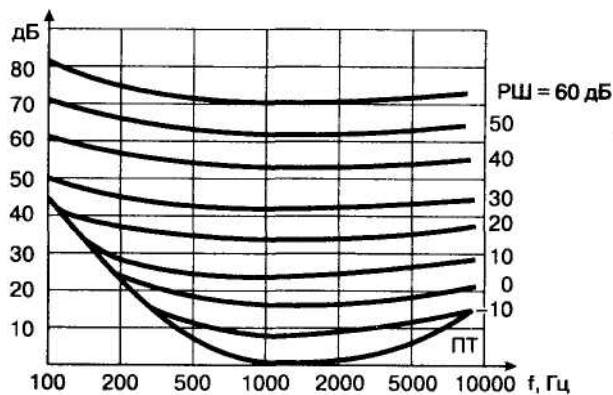


Рис. 15

Пороги виявлення звуку за різних рівнів шуму:
РШ- рівень шуму, ПТ- повна тиша

Сприйняття мовних повідомлень. Знання характеристик мовних повідомлень використовується при вирішенні основних завдань: розробки апаратури для передавання повідомлень і організації самих повідомлень з урахуванням психофізіологічних і психологічних можливостей людини. У сучасних СЛМ все частіше використовується мовний зв'язок між людиною і 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 та 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...80дБ.

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. Все це зумовлює темп подавання інформації, що вважається оптимальним за

швидкості 120 слів за хвилину.

Для того, аби мовні звуки були зрозумілі, 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 і шуму, то розбірливість повідомлення зростатиме до певної межі, після якої спостерігатиметься її зниження, що відображено на рис. 16.



Рис. 16

Вплив рівня шуму на розбірливість мови

Мова, крім акустичних, має й інші характеристики. Слово наділене фонетичною, фонематичною, складовою, морфологічною формою і при цьому має певне смислове навантаження. Важливим фактором, що впливає на сприйняття слів, є їхня частотна характеристика. Чим частіше вживається слово, тим краще воно впізнається 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 зруйноване 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 рівні, враховуючи неоднозначність інтерпретації повідомлення («семантичний шум»). Відомо, що в разі сприйняття таких повідомлень операторові необхідно не тільки повторно звертатись до певних частин повідомлення, а й трансформувати 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.

3.1.3. Характеристики тактильного аналізатора

Значну кількість інформації оператор отримує через зоровий і слуховий канали, що спричиняє їх значне перевантаження. До того ж унаслідок дії певних перешкод сигнали цієї модальності можуть стати значно викривленими, що зумовлює похибку в сприйнятті інформації. В зв'язку з цим останнім часом здійснюється пошук можливостей передавання інформації по інших каналах сприйняття інформації людиною-оператором. Найперспективнішим вважається використання тактильного аналізатора.

Експериментальні дослідження довели, що дотиковий образ формується на базі синтезу значної кількості тактильних і кінестетичних сигналів. Відомо, що шкіра людини сприймає термічні, хімічні, механічні та електричні подразники. Якщо використання перших двох поки що неможливе для передавання інформації, то відносно двох останніх є певні досягнення.

Механічні подразнення передаються за допомогою вібраторів і сприймаються різними частинами шкіри тіла людини по-різному. Абсолютна чутливість вимірюється мінімальним тиском, необхідним для виникнення відчуття, і становить: для найбільш чутливих зон (губи, язик) – 1...50 мг/мм², для найменш чутливих зон (спина, живіт) – 10 г/мм².

Диференціальний поріг розрізнення дорівнює приблизно 7 % початкового тиску.

Просторова чутливість теж залежить не тільки від характеристик подразника, а й від особливостей певних зон тіла людини. Диференціальний просторовий поріг є мінімальним на губах та кінчиках пальців – 1 ...2,5 мм, а максимальний – на спині та плечах – 60мм. Найбільша чутливість спостерігається за частоти вібрації 100...300 Гц.

Відомий цікавий спосіб передавання інформації за допомогою вібраторів. Людську мову записують на плівку і відтворюють у декілька разів повільніше від нормального темпу. Отримані низькочастотні електричні сигнали перетворюють у механічні коливання пластинки, яка торкається поверхні шкіри людини. Після кількох тренувань оператори можуть визначати основні звуки мови. Цей метод може бути використаний при передаванні сигналів в умовах значних шумів, коли слуховий аналізатор діє неефективно.

Крім того, при порушеннях зору людини (у сліпих та сліпоглухих) роль тактильного аналізатора стає провідною, бо це єдиний канал, яким інформація від зовнішнього середовища передається у мозок людини.

Особливості тактильно-вібраційної чутливості людини враховані при конструюванні оригінального приладу для сліпих «Оптакон», у

якому оптичні сигнали перетворюються на тактильно-вібраційні, що дає сліпій людині можливість читати звичайні книги зі швидкістю 40-50 слів за хвилину.

За всіх досягнень у цьому напрямку є і певні недоліки, котрі стримують використання механічного способу передавання інформації. Передусім це недосконалість самих вібраторів, а саме їхня громіздкість та інерційність. У зв'язку з цим ведуться розробки з використання електрошкіряних подразників для передавання інформації з прямокутовими імпульсами струму. Залежно від величини імпульсу розрізняють три характерні пороги відчуття:

- абсолютний поріг, за якого людина відчуває дію подразника;
- больовий поріг, коли в людини виникають неприємні відчуття;
- поріг нестерпного болю, за якого людина припиняє дію подразника.

При використанні електрошкіряних подразників необхідне попереднє тренування, після якого абсолютний поріг знижується, а інші пороги підвищуються, але після цього вони майже не змінюються у часі і не залежать від зони подразнення. У людей похилого віку вони вищі, ніж у молодих.

Значною перевагою електрошкіряного подразнення порівняно з механічним є менша (приблизно в 100 разів) необхідна потужність сигналу, а також можливість використання мініатюрних електродів. Це дуже важливо при розробці необхідних приладів для використання їх при передаванні інформації через тактильний аналізатор. У нашій країні та за кордоном продовжуються розробки з використання тактильних стимуляторів, «тактильних кодів» для підвищення ефективності передавання інформації операторові.

3.1.4. Взаємодія аналізаторів під час приймання інформації

Різні канали передавання інформації використовують і різні аналізатори, які функціонують не окремо, а в єдиній, дуже складній системі. При цьому дія подразника на певний аналізатор спричиняє не тільки пряму реакцію, а й впливає на функціонування усіх інших. Так, наприклад, чутливість центрального поля зору змінюється під впливом гучних звуків, а запахи, смак солодкого, зручне положення тіла людини, підвищення атмосферного тиску або опромінювання шкіри знижують чутливість периферійного поля зору.

Міжаналізаторні зв'язки поділяються на три основні групи:

- активізуючі
- інформуючі;
- вікаруючі.

Активізуючі зв'язки забезпечують певний рівень активності аналізатора незалежно від характеру дії побічних подразників. Вони не

впливають на зміст почуттєвих образів і можуть бути як безумовно-рефлекторними, так і умовнорефлекторними.

Інформуючі зв'язки впливають на зміст почуттєвих образів. До них належать різнобічні асоціації відчуттів, перехід їх від однієї модальності до іншої (візуалізація чуттєвих образів) тощо.

Вікаруючі зв'язки забезпечують можливість заміни певних функцій одного аналізатора іншим.

Завдяки взаємодії цих зв'язків у процесі розвитку і трудової діяльності людини формуються певні функціональні системи, структура і організація яких зумовлена загальними умовами життєдіяльності людини, усім процесом її природного розвитку.

Взаємодію аналізаторів ураховують при застосуванні **полімодальних сигналів**, тобто сигналів, які складаються з подразників, адекватних різним аналізаторам.

Полімодальні сигнали застосовують для *дублювання сигналу*, тобто його одночасного посилення по різних каналах приймання. Дублювання сигналів може підвищити надійність передавання інформації операторові, особливо за малоюмовірних подій. Воно може приводити до розширення обсягу короткочасної пам'яті оператора.

Другим шляхом використання полімодальних сигналів є *розподіл інформації* по різних аналізаторах із метою зняття перевантаження одного з них, особливо зорового, тому необхідно враховувати можливості кожного аналізатора. Так, слух має певні переваги у прийманні неперервних сигналів, а зір – дискретних. Найменший час реакції – на тактильний подразник, що може бути використано при передаванні сигналів небезпеки, які вимагають швидких дій. Зоровий і слуховий аналізатори сприймають інформацію дистантно, а тактильний – безпосередньо. Розподіл інформації надає можливість побудови полісенсорних інформаційних моделей, що сприяє підвищенню ефективності її приймання.

Третім шляхом використання полімодальних сигналів є їхнє *переведення* з однієї модальності на іншу. На відміну від попереднього різні аналізаторні системи працюють не паралельно, а послідовно. Підвищення втомі певного аналізатора (наприклад зорового) зумовлює перехід на іншу модальність сигналу (слухову або тактильну). Дослідження показали, що продуктивність роботи оператора підвищується на 30-40 %, коли послідовно використовувати зоровий, слуховий і тактильний канали. Якщо ж інформацію подавати тільки по зоровому каналу, такого ефекту не відбудеться.

Отже, особливості взаємодії аналізаторів необхідно враховувати у розробці засобів відображення інформації і методів навчання операторів, у побудові інформаційних моделей і конструюванні певних технічних засобів.

3.2. Зберігання та переробка інформації

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 та 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 та 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 і 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 прояву 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.

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 і довільну, механічну і смислову*. За тривалістю закріплення і збереження матеріалу – на *короткотривалу, довготривалу і оперативну*. У своїй діяльності оператор послуговується 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 і вторинна пам'ять. Переведення інформації з одного блоку в інший здійснюється за допомогою таких операцій, як фільтрація матеріалу, його впізнання, перекодування і повторення.

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. Слід, який

залишається у сенсорній пам'яті, поступово згасає. Час його згасання залежить не тільки від модальності подразника, а і від багатьох інших факторів. При цьому до них додається ще й фактор 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.

Таким чином, час зберігання інформації в сенсорній пам'яті залежить від модальності і фізичних характеристик подразника, стану системи, що сприймає, та умов сприйняття самого стимулу. В середньому для іконічної пам'яті цей період становить 250...500 мс, але може досягати і 1000 мс. Відносно обсягу зорової сенсорної пам'яті вважають, що вона безмежна, а слухова містить 10 - 12 елементів. Щодо рухової сенсорної пам'яті даних немає. На основі сенсорного зберігання інформації відбирається інформація, релевантна певному завданню, описується та перекодовується в найзручнішу для зберігання форму. Сам механізм фільтрації вивчений недостатньо, є лише дані, які свідчать, що селекція може здійснюватися на основі кольору, розміру, форми, розташування у просторі, а також складних тембральних характеристик звукового сигналу.

Первинна пам'ять. Відібрана інформація кодується в зручну, найчастіше – у вербально-акустичну форму. В деяких випадках, залежно від вимог завдання, інформація може зберігатись і у формі модальних сигналів. Одночасно з перекодуванням сигналу можуть формуватися нові одиниці інформації завдяки смисловій переробці.

Відібрана і перекодована інформація зберігається у первинній пам'яті, яка має невеликий обсяг, але значно більший час зберігання. За даними різних авторів, цей час становить від 5 до 30 с.

Отже, інформація у первинній пам'яті зберігається як у вербально-акустичному, так і у модально-специфічному вигляді. Разом із тим здійснюється відбір релевантної інформації для певного класу завдань з метою її подальшої обробки та відтворення або в разі необхідності переведення у вторинну пам'ять. Цей перехід реалізується за допомогою операцій повторення. В моделях короткотривалої пам'яті процесові повторення відводиться важлива роль, і його можна ототожнювати з повторною циркуляцією інформації. Однією з характерних рис повторення є те, що воно здійснюється за рахунок проговорювання. Але не завжди ця стратегія обробки інформації є ефективною. В складних умовах (наприклад, при близькому фонематичному звучанні стимульного матеріалу) утримання матеріалу і переведення його у вторинну пам'ять більш ефективно, ніж «опора» на смислові зв'язки, тобто використання операції перекодування. Сама експериментальна ситуація провокує вибір певної стратегії повторення. Так, якщо обсяг матеріалу незначний і сприймання його послідовне, то швидкість подання інформації визначає місце пронесу повторення в

структурі діяльності людини. За незначних інтервалів між стимулами (60... 140 мс) повторення здійснювалося після пред'явлення всього ряду стимулів. При збільшенні інтервалів між стимулами до 300 мс стратегія досліджуваного змінювалася – він починав повторювати елементи ряду в міру їхнього пред'явлення. При цьому швидкість повторення залежала від швидкості (темпу) пред'явлення, характеру матеріалу та обраної стратегії і коливалася в межах 3 - 10 елементів за секунд|.

Вторинна пам'ять. Частина інформації з первинної пам'яті за допомогою повторення переводиться у вторинну пам'ять. Особливістю цього блоку короткочасної пам'яті є семантична обробка матеріалу, виділення смислових зв'язків, що запобігає швидкому забуванню. В окремих випадках у вторинній пам'яті можуть зберігатися фонематичні коди, коли алфавіт знаків або невідомий, або знаки семантично не пов'язані між собою (ряд безглузвих складових).

Таким чином, короткотривала пам'ять характеризується негайним запам'ятовуванням матеріалу з першого пред'явлення, негайним відтворенням і дуже коротким часом зберігання інформації. Можна вважати, що зберігання тут відбувається через запам'ятовування і відтворення інформації. Обсяг короткотривалої пам'яті вимірюється кількістю символів, що запам'ятовуються, або кількістю одиниць інформації, яка може бути відразу після одноразового пред'явлення відтворена. Ця кількість, за даними Дж. А. Міллера, становить 7 ± 2 , або:

- 9 подвійних символів;
- 8 десяткових цифр;
- 7 букв латинського алфавіту;
- 5 простих англійських слів.

Довжина алфавіту цих символів дорівнює 2, 10, 26, 1000, що відповідає 1, 3,3, 4,7, 10 подвійним одиницям на символ, або 9, 26, 33, 50 подвійним одиницям для кожної послідовності запам'ятовуваних символів. Як бачимо, зі зміною інформації на символ у 10 разів на вході обсяг короткотривалої пам'яті змінюється у 1,8 раза, а в подвійних одиницях – у 5,5 раза. Якщо інформацію на вході людського каналу змінити в 40 разів (від 0,5 до 20 подвійних одиниць), то кількість відтворених символів змінюється всього у 4 рази (від 12 до 3 символів) для 50 % випадків і всього у 2,5 раза (від 5 до 2 символів) для 90 % випадків. 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 враховувати при передаванні інформації операторові. Якщо потрібно підвищити інформаційний обсяг інформації, котра буде утримуватися 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 4-6 символів, що було доведено такісто-скопичними дослідженнями.

Довготривала пам'ять зберігає інформацію для подальшого її використання. При переведенні інформації із короткотривалої до довготривалої пам'яті відбувається її подальша селекція і 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 за одного повторення матеріалу, становить від 5 до 20 подвійних одиниць, або 10 символів по 0,5 подв. од. на символ, чи 1 символ, відібраний зі значного за довжиною алфавіту, з навантаженням – 20 подв. од. 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, котру необхідно запам'ятати. Що більша ця загальна кількість інформації, то 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, котру 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 більший, 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 мислительній 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 переробки, зіставлення значної кількості інформації, логічної обробки 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, котра вже не потребує запам'ятовування усіх деталей. Інтегральна модель звужує 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, котру 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, котра 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, котрі конструюються під час активних дій оператора, спрямованих на вирішення ним конкретного завдання. Як одиниці використовують або мінімально можливі, аналітично визначені одиниці діяльності, або реально використовувані. Оцінка обсягу оперативної пам'яті людини-оператора в конкретних системах передбачає обидва типи оперативних одиниць пам'яті.

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 переробки та декодування інформації з'являється можливість

формувати оптимальні оперативні одиниці пам'яті, що, своєю чергою, підвищує ефективність діяльності оператора. Слід зауважити, що формування таких одиниць можливе не в усіх операторів. Для цього необхідно мати певні психологічні якості та властивості (наприклад когнітивні).

Навантаження на оперативну пам'ять особливо значне при розв'язанні оператором завдань з упорядкування об'єктів. Для оцінки часу, необхідного для такого розв'язання, була отримана емпірична

$$t_{(x,y)} = 0,174xy + 0,056x - 0,28y + 1,$$

залежність

де $t_{(x,y)}$ - час упорядкування одного об'єкта, x - кількість упорядкованих об'єктів, y - кількість параметрів об'єктів.

При заданому числі параметрів залежність t від x має вигляд прямої лінії (рис. 17).

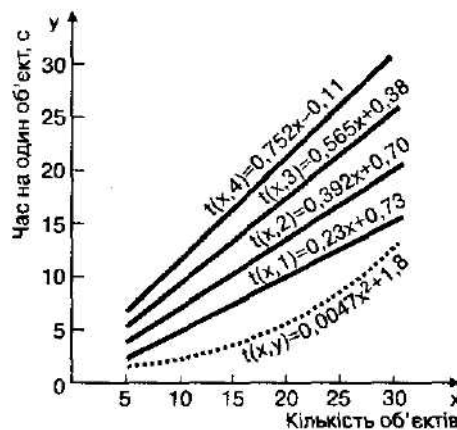


Рис. 17

Залежність часу впорядкування об'єктів від кількості об'єктів (x) та їх параметрів (y)

При спеціальному тренуванні вплив кількості параметрів на час вирішення завдань з упорядкування може бути знятим. Аналіз цього процесу навчання показує, що оператори знаходять економічніші маршрути пошуку і впорядкування об'єктів. У цей період автоматизуються мнемонічні дії і формуються оптимальні одиниці оперативної пам'яті.

Отож, підвищення якості роботи оперативної пам'яті можливе як за рахунок раціональної побудови інформаційної моделі та пульта управління, так і завдяки організації процесу професійного відбору, навчання операторів і самої Діяльності операторів. Короткотривалий і довготривалий види пам'яті мають різні функції і в організації

поведінки людини, і в професійній діяльності оператора. Короткотривала пам'ять пов'язана передусім з орієнтацією людини в довколишньому середовищі і тому спрямована на фіксацію появи сигналів, об'єктів, незалежно від їхнього інформаційного навантаження. Процес навчання, накопичення професійного досвіду, становлення професійної майстерності більше пов'язаний з довготривалою пам'яттю.

Знання специфіки кожного з видів пам'яті необхідне для раціонального управління процесами пам'яті оператора і відповідно ефективністю його діяльності в цілому.

Основні процеси пам'яті – це *запам'ятовування, зберігання, забування та відтворення інформації*. Дослідження свідчать, що ефективність запам'ятовування залежить не тільки від характеру діяльності оператора та його стану, а й від організації поданої інформації, її раціонального групування. Цього можна досягти застосуванням ефективних кодів і алфавітів значної довжини, формуванням збільшених оперативних одиниць пам'яті. До того ж відомо, що ефективність запам'ятовування залежить від характеру зв'язку поточної інформації з попередньою та майбутніми подіями в діяльності оператора. Характер цих зв'язків визначає стратегію прогнозування, формуючи певну систему координат, відносно якої оцінюється інформація. Ця система запам'ятовується в першу чергу, бо слугує основою запам'ятовування всієї подальшої інформації.

Інакше кажучи, обсяг і точність запам'ятовування інформації залежать не тільки від того, що людина робила в минулому, а й від того, що їй належить зробити в майбутньому. Забування теж залежить від різних факторів, і тому виділяють три основні його види: втрата інформації через те, що вона не використовується, втрата інформації у разі інтерференції (проактивної і реактивної) і забування, яке пов'язане з мотивацією людини. Втрата інформації у короткотривалій пам'яті пов'язана, головним чином, зі «стиранням слідів» у нервовій системі, а в довготривалій – з порушенням системи кодування інформації, семантичних зв'язків між алфавітами сигналів або з реконструюванням усього семантичного простору людини.

Відтворення інформації – це складний цілеспрямований процес, котрий може бути як довільним, так і мимовільним. При довільному відтворенні людина послуговується певними прийомами пошуку інформації в пам'яті. Експериментальні дослідження свідчать, що відтворення в умовах спільної діяльності буває ефективнішим, ніж при індивідуальній діяльності; при цьому стратегія пошуку інформації, що зберігається в пам'яті, в умовах спілкування теж відрізняється від індивідуальної.

Питома вага довільної і мимовільної пам'яті суттєво змінюється залежно від специфіки вирішуваних оператором завдань. У період навчання, коли оператор знайомиться з системою кодування,

організацією робочого місця, розташуванням і призначенням індикаторів, а також із системою необхідних правил, вимог тощо, значне навантаження припадає на довільну пам'ять. У процесі виконання виробничих функцій, особливо під час вирішення складних завдань, значну кількість інформації оператор запам'ятовує без зусиль, що збільшує його професійний досвід. Дослідження останніх років з навчання операторів показали доцільність перенесення навантаження на мимовільну пам'ять у вирішенні спеціальної системи проблемно-теоретичних навчальних завдань. Більше того, подальша перевірка показала, що за такого навчання якість професійної діяльності оператора теж суттєво зростала. Але у своїй діяльності значну кількість інформації операторові необхідно запам'ятовувати довільно. Для цього використовують певні прийоми, які умовно поділяють на логічні і мнемонічні. Перша група побудована на виявлених логічних зв'язках у самій інформації, що запам'ятовується, а друга – на штучних, привнесених з інших систем зв'язках. Мнемонічні прийоми використовують тоді, коли людина не володіє необхідними змістовними знаннями про об'єкт і тому застосовує інші, штучні зв'язки.

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.

Контрольні запитання

1. Схарактеризуйте аналізатори людини (зоровий, слуховий, тактильний) і особливості їхньої взаємодії,
2. Які психологічні особливості зберігання інформації?
3. Проаналізуйте оперативне мислення у діяльності оператора.
4. Окресліть психологічні аспекти прийняття рішення в операторській ДІЯЛЬНОСТІ.
- 5 Назвіть психологічні особливості регуляції керуючих дій оператора.

Теми рефератів

1. Сенсорно-перцептивна організація діяльності операторів.
2. Психологічні особливості приймання інформації оператором.
3. Роль і значення пам'яті у діяльності оператора.
4. Психологічні аспекти врахування особливостей пам'яті і мислення при створенні СЛМ.
5. Психологічні аспекти прийняття рішень в операторській

діяльності.

6. Особливості прийняття рішень оператором у режимі діалогу з ЕОМ.

7. Особливості врахування антропометричних і біомеханічних характеристик при створенні сучасних технічних систем.

Лекція 5

ДІЯЛЬНІСТЬ ОПЕРАТОРА В СИСТЕМІ «ЛЮДИНА–МАШИНА»

5.1. Основні характеристики і види діяльності операторів

Процеси приймання, переробки інформації, прийняття рішень і виконання оператором керуючих дій певним чином поєднані в цілісну діяльність.

Діяльність як специфічна форма відношення до навколишнього середовища може мати різні прояви: *предметно-практичний, виробничий, пізнавальний і управлінський*. Для людини об'єкти природи втрачають свою безпосередність і стають предметами, та, перш за все, засобами виготовлення знарядь праці, використання яких допускає формування мети діяльності як образу потрібного продукту.

Різні види діяльності людини формуються і розвиваються у процесі історичного розвитку суспільства, а форма їхнього прояву залежить від характеру суспільних відносин.

Операторська діяльність як особливий вид діяльності сформувалась у зв'язку з досягненнями науково-технічного прогресу, розвитком технічних систем і систем управління ними. Останнє висуває нові вимоги до людини-оператора, які пов'язані з прийманням і переробкою інформації, прийняттям відповідальних рішень у ситуаціях дефіциту часу. Діяльність в інженерній психології розглядається як предмет об'єктивного наукового пізнання. Вона розкривається і відтворюється в теоретичних схемах і моделях відповідно до методологічних принципів і залежно від конкретних завдань.

Мета діяльності людині-оператору задається, як правило, із зовні і 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 повинна відповідати його потребам. Але при

розподілі праці оператор може виконувати такі функції, які самі по собі не задовольняють його потреби. В 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 формується 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 представити 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 предметів, 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 і ЕОМ), по-друге, дистанційним характером управління. Процес трудової діяльності розглядається як циклічний процес приймання, переробки і видачі інформації, а також її контролю на основі довготривалих і оперативних концептуальних моделей, які формуються на базі інформаційних моделей предмета, умов і процесу праці.

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

З психологічної точки зору трудову діяльність можна розглядати у двох пов'язаних між собою планах: зовнішньому і 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 і розгортаються в часі і 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, опредметнюються у вигляді загально трудових 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 і сприймання;
- рівень уявлень;
- мовно-мисленнєвий рівень.

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

Другий рівень (уявлень) 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 і 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.

Функціональна система являє собою організацію, що динамічно формується і вибірково поєднує різні центральні і 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 наведена на схемі 6.

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

Слід зауважити, що діяльність людини залежить не тільки від нервової системи, а й 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, людина-оператор у СЛМ розглядається як найважливіший компонент системи, який не тільки визначає мету діяльності, а й організує всю систему для досягнення заздалегідь визначеного результату. Тільки людина-оператор, маючи мету, визначає і завдання, вирішення яких забезпечує її досягнення. Технічні засоби, котрі 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.

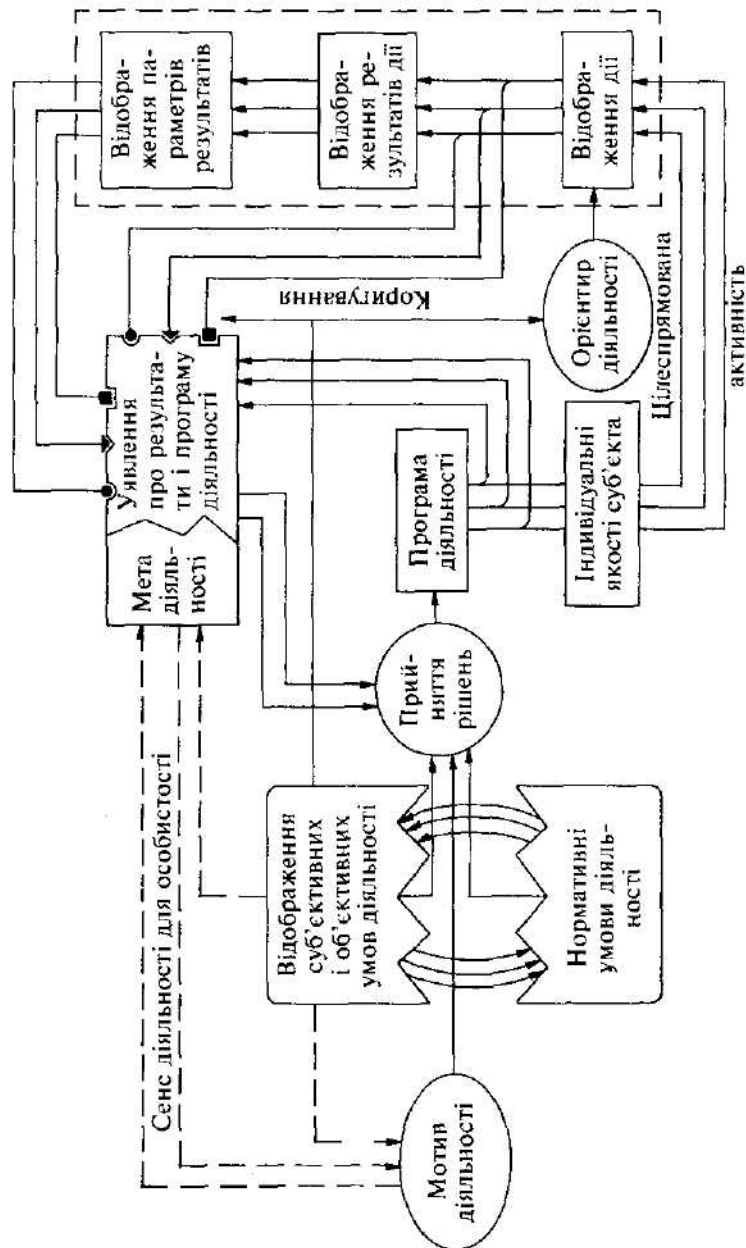


Схема 6

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

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

В інженерній психології переважно розглядається 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. В 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 і 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 і 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 керування 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 повинні не тільки досконало знати можливості технічних компонентів системи, а й урахувати психологічний портрет підлеглих, їхній стан, настрої тощо.

Щодо характеру перебігу процесу управління СЛМ можуть бути детерміновані, не детерміновані та ігрові.

Детерміновані системи функціонують за попередньо розробленим алгоритмом, і тому діяльність оператора підпорядкована прийнятим 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 складніша, і до того ж не створюються умови для формування динамічного стереотипу дій, тобто звичної їхньої послідовності. Людина, очікуючи сигнал, повинна зберігати стан «оперативного спокою», тобто бути постійно напоготові 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 повинен кожен 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 і уваги.

За *ступенем* безперервності участі людини в процесі управління СЛМ поділяються на:

- 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 повинен 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. У перервах між ними оператор перебуває у стані

очікування і підготовки до вирішення наступної задачі. Час роботи технічної системи і діяльності оператора збігається.

У *змішаних системах* технологічний процес триває безперервно, а діяльність оператора – дискретно, тобто він періодично вирішує задачі, послідовність яких йому відома. До таких систем належать системи автоматизованого зв'язку, радіолокаційні, транспортні, системи передавання даних.

Залежно від домінування певного психологічного процесу діяльність оператора може бути:

- сенсорно-перцептивна;
- моторна;
- інтелектуальна.

У сенсорно - перцептивній діяльності основне завдання оператора полягає у прийманні інформації та її оцінці. Логічна обробка інформації і прийняття рішення зливаються з процесом сприймання повідомлення. Виконавчі дії суттєво спрощені. Така діяльність характерна для операторів-наглядачів.

Для *моторної діяльності* властивий значний обсяг виконавчих дій. Цій меті підпорядковані процеси приймання, переробки інформації та прийняття рішень. Прикладом такої діяльності може бути діяльність телеграфістів, операторів введення даних в ЕОМ.

Інтелектуальний тип діяльності характеризується тим, що головними є процеси обробки інформації та прийняття рішень. Така діяльність характерна для опера-торів-дослідників, диспетчерів.

Залежно від часу між моментами отримання інформації і виконання відповідних керуючих дій вирізняють діяльність оператора з негайним і відстроченим обслуговуванням.

За *негайного обслуговування* з технічних систем надходить незначна кількість доволі простих сигналів, що забезпечує їх симультанне сприймання і негайне виконання керуючих дій. Між сигналами і керуючими діями при цьому існує жорсткий зв'язок, який значно спрощує процес прийняття рішень.

За *відстроченого обслуговування* з технічних систем надходить складна інформація, що розтягує процес її сприймання і обробки. Завдяки розгорнутому процесові інформаційного пошуку необхідної інформації її обробка дещо затримується. Сама обробка і підготовка інформації до прийняття рішень теж потребують певного часу, тому що функціонують або за відомими алгоритмами діяльності, або за створеними у процесі роботи правилами-евристичними.

Таким чином, опис структури та класифікація діяльності операторів сприяє визначенню ролі та місця людини-оператора у СЛМ, розподілу функцій у системі, організації процесу навчання і тренувань, а також визначенню факторів, від яких залежить ефективність і надійність СЛМ.

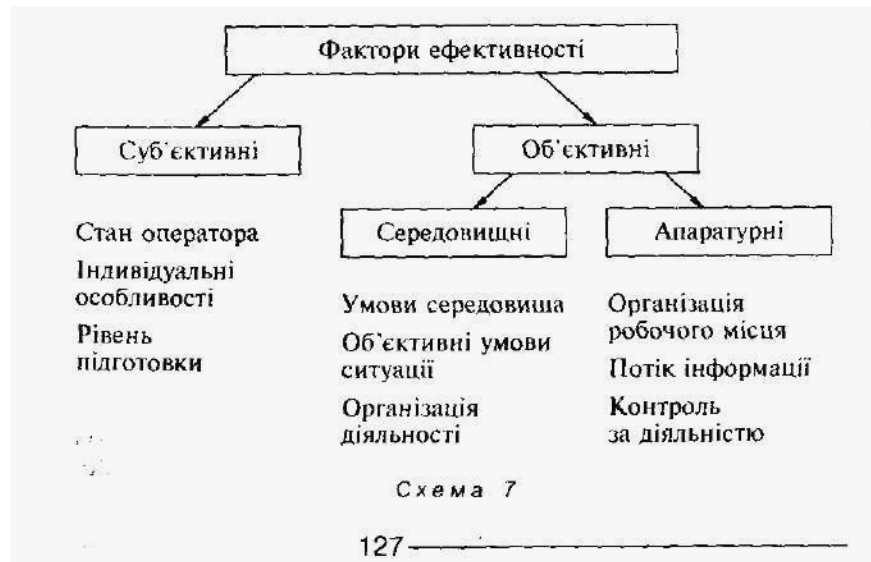
5.2. Фактори впливу на операторську діяльність

Вивчення операторської діяльності пов'язане з виявленням і класифікацією факторів, що впливають на її ефективність. Одна з можливих класифікацій факторів наведена на схемі 7.

Як бачимо, всі фактори поділені на дві основні групи: суб'єктивні і об'єктивні.

Суб'єктивні фактори залежать від стану оператора, його індивідуальних особливостей (психофізіологічних властивостей, морально-психологічних якостей, медичних показників), а також рівня підготовки до даного виду діяльності. Особливості цих факторів мають враховуватися при організації трудової діяльності операторів.

Схема 7



Об'єктивні фактори поділяються на дві підгрупи: *середовищні* й *апаратурні*.

До *середовищних факторів* належать фактори зовнішнього середовища (заселеність), умови ситуації та організації діяльності оператора. Фактори зовнішнього середовища мають урахуватися 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 факторів. Цьому може сприяти врахування *організаційних факторів*, які пов'язані з розробкою режимів діяльності, встановлення кількості і тривалості робочих змін у різні пори року і т.п. Ця група факторів береться до уваги переважно в процесі експлуатації СЛМ.

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

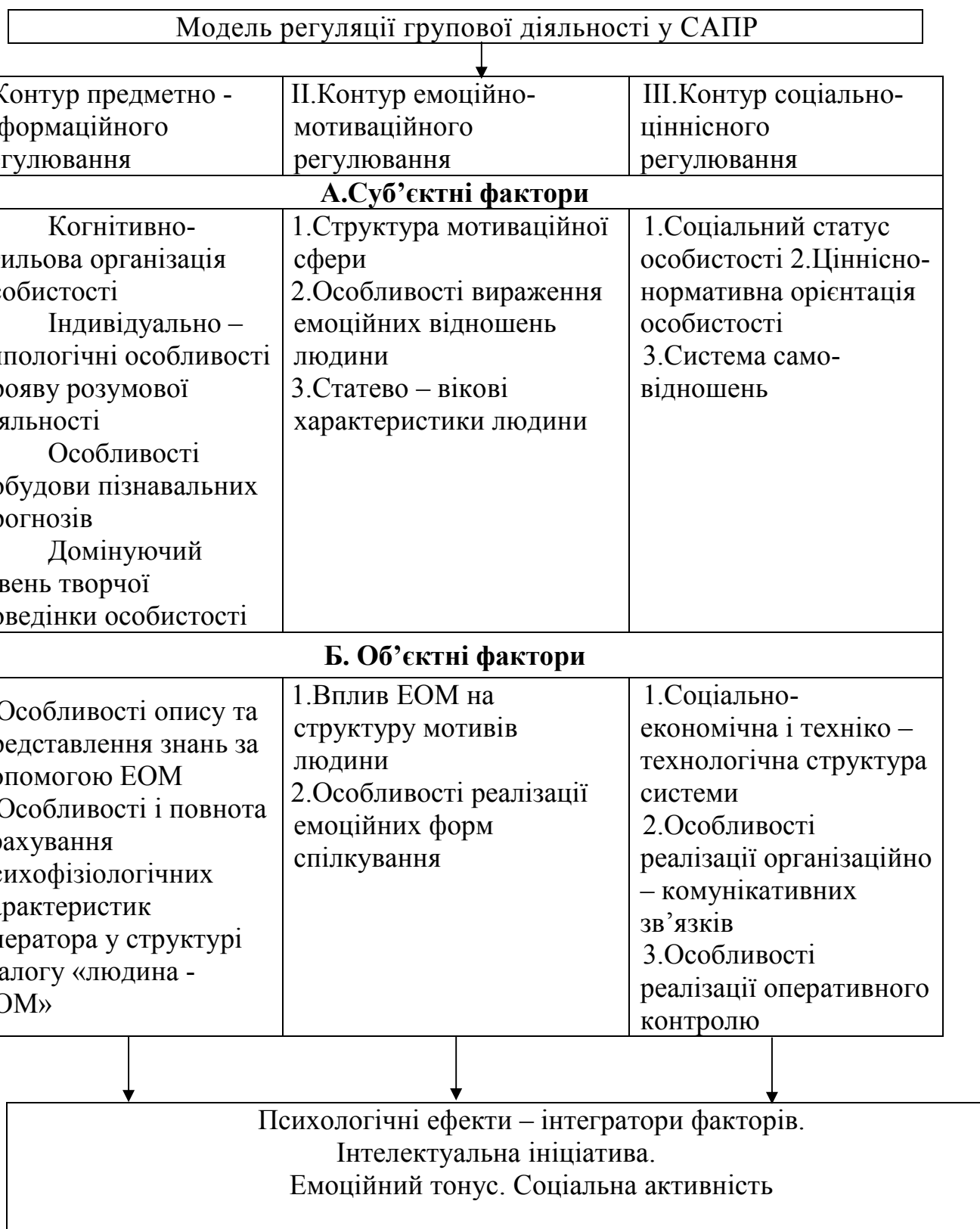
Апаратурні фактори важливі уже на етапах проектування СЛМ, оскільки сприяють їх ефективному функціонуванню, їх урахування впливає на організацію робочого місця оператора: виважений підхід до анатомічних, біологічних, фізіологічних і психологічних властивостей людини дає змогу забезпечити певну відповідність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

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

Аналіз особливостей індивідуальної діяльності оператора різних СЛМ показав, що всю різноманітність впливу психологічних факторів можна систематизувати і представити як модель регуляції індивідуальної

діяльності (схема 8). Модель складається з трьох основних контурів регулювання:

- предметно-інформаційного;
- емоційно-мотиваційного;
- соціально-ціннісного



Оптимізація взаємодії факторів (суб'єктних і об'єктних), які є складовими цих контурів, сприяє виникненню таких психологічних ефектів, як інтелектуальна ініціатива, емоційний тонус, соціальна активність|.

Контур предметно-інформаційного регулювання відображає особливості й ефективність предметно-інформаційної взаємодії в системі. Провідним у групі суб'єктних факторів виступає когнітивно-стильова організація особистості, яка зумовлює процесуальні і продуктивні характеристики діяльності.

Особливості перебігу інтелектуальної діяльності тісно пов'язані з властивостями нервової системи людини. Тип нервової системи безпосередньо не впливає на результати розумової діяльності, але визначає характер її функціонування, зокрема інтелектуальну витривалість, розумове напруження, засоби саморегуляції. Найвагоміші ці фактори в організації діалогової взаємодії у СЛМ, особливо в організації та підтримці комфорту в діалозі «людина-ЕОМ».

Індивідуальні особливості пізнавальної діяльності мають свій прояв і в способах побудови прогнозів розвитку проблемних ситуацій. Доведено, що на створення системи майбутніх орієнтирів, на побудову загальної концепції розвитку проблемних ситуацій впливає особистісна схильність людини діяти певним чином у «світі проблем». Одна група людей застосовує «покрокову» побудову траєкторії розвитку проблемних ситуацій, так звані обережні рішення, у яких контрольні дії переважають над прогнозувальними, антиципуруючими. Інші бажають «стрибнути» якомога далі, а потім оцінювати усю траєкторію руху до певної мети. В цьому випадку процес побудови гіпотез переважає над процесом їхньої перевірки. Такі рішення приймаються зі значним ризиком і навіть можуть характеризуватись як імпульсивні.

Кожен із розглянутих вище засобів прогнозування має свої переваги і недоліки, але кожен із них потребує створення різних інформаційних баз і математичних моделей для підтримки дій користувача.

Структурно-рівнева концепція аналізу й управління мисленневою діяльністю стверджує, що домінування одного з цих рівнів відображується в особливостях діяльності людини. Схильність до оперування образною, або знаковою, формою знань необхідно враховувати при представленні інформації операторові та побудові діалогу «людина-ЕОМ».

Контур емоційно-мотивційного регулювання враховує домінуючу мотиваційну спрямованість і вплив технічної частини СЛМ на структуру сукупних мотивів, а також особливості вираження оцінкових відношень особистості до технічних засобів діяльності, інших людей або до їхніх суджень. У цьому контурі віддзеркалені особливості реалізації емоційних форм взаємодії у системах з урахуванням вікових і статевих характеристик оператора.

Домінуючі мотиви як ядро психічної організації особистості мають певну ієрархічну структуру, своєрідність якої відображається у співвідношенні трьох основних видів мотиваційної спрямованості:

- на себе;
- на справу;
- на взаємодію.

Крім домінуючих, у процесі діяльності виникають і ситуаційні мотиви, які пов'язані з особливостями прояву індивідуальності оператора й особливостями технічних засобів СЛМ. Структура мотиваційної сфери впливає на вибір стратегії досягнення необхідних результатів діяльності і відповідно на ефективність функціонування СЛМ.

На відношення до діяльності впливають і особливості вираження емоційних компонентів взаємодії у системі. Прояв емоцій, настрою і відносин у процесі інформаційного обміну – це одна із потреб особистості, котра доволі легко реалізується за безпосередньої взаємодії людей.

Інша справа взаємодія, котра опосередкована технічними засобами, особливо ЕОМ.

У такому разі вираження емоційних відношень переноситься на технічні засоби діяльності або закладається в їхню структуру. При цьому цілі технічні комплекси, комп'ютерні програми наділяють характеристиками, притаманними тільки людині. Ці явища у психологічній літературі дістали назву персоніфікації та анімізації.

Контур соціально-ціннісного регулювання спрямований на забезпечення стимулювання і активізації розумової працездатності за рахунок використання психологічних механізмів соціальної регуляції поведінки оператора. Останній може працювати в режимі статусної заданості або статусного самовизначення.

Особистість або намагається адаптуватись, або прагне змінити систему, довколишнє середовище і себе. Вибір певної поведінки залежить від низки психологічних факторів, з до яких і належать фактори, що зумовлюють ціннісно-нормативні орієнтації людини. Ця група факторів впливає на формування нормативних і оцінкових систем, від яких певною мірою залежить формування відношення особистості до оточуючих людей і речей, що має свій прояв у «суб'єкт-суб'єктному» підході. «Суб'єкт-суб'єктні» установчі відносини особистості і зовнішнього світу вважаються гуманнішими, тому що їхні принципи сприяють збереженню природних ресурсів, культурних цінностей суспільства, підтримки екологічного балансу в природі.

Значна роль у формуванні такого відношення людини до об'єктів природи і техносфери належить не тільки цілеспрямованому навчанню і прилученню до культурних цінностей суспільства, а й самопізнанню, самооцінці, самоконтролю, саморегуляції, тобто системі самовідношень особистості. На ефективність соціально-ціннісного регулювання

впливають і особливості технічних засобів СЛМ. Так, технологічний, соціально-економічний і організаційно-правовий взаємозв'язки зумовлюють специфіку взаємодії операторів, особливості реалізації комунікативної функції, а також форму і зміст оперативного контролю, який сприяє координації і коригуванню дій оператора. Все це впливає на відношення оператора до самої діяльності, технічних засобів діяльності і до себе.

Усі три контури регулювання індивідуальної діяльності пов'язані між собою, а оптимізація їхньої взаємодії сприяє формуванню позитивних психологічних ефектів, зокрема таких, як висока інтелектуальна і соціальна активність, стійкість інтересів і воляова спрямованість на досягнення високих результатів діяльності, задоволення своєю працею і бажання підвищити професійну майстерність.

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

5.3. Методи відображення, опису й аналізу діяльності оператора

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

Сьогодні застосовується надзвичайно велика 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 з завданнями, котрі повинен вирішувати оператор, та умовами його діяльності. На основі вивчення технічної документації та інструкцій з обслуговування системи складається перелік функцій та обмежень її використання. Виходячи з цього, визначаються функціональні обов'язки оператора, його підпорядкованість вимогам і обмеження його дій. До того ж з'ясовуються режими роботи оператора, деталізуються правила і спеціальні вказівки, яких він повинен дотримуватись у процесі діяльності, наводяться 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 (примати відомості щодо таких аспектів діяльності оператор;

- 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 і втомленості оператора за його емоційними реакціями, поведінкою, рухами, концентрацією уваги тощо;
- зовнішніх умов діяльності, які характеризуються ступенем впливу різних факторів 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 і життєдіяльності оператора, і що дуже важливо в реальних умовах його діяльності. Втручання дослідника в роботу оператора (підключення датчиків) може бути зведене до мінімуму за рахунок 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, котра відрізняється від робочої програми. Такі дослідження переважно здійснюються в лабораторних умовах, тому що мета їх полягає у з'ясуванні окремих залежностей, закономірностей між певними показниками роботи оператора. Якщо ці дослідження проводяться під час основної роботи оператора професійних завдань з управління СЛМ, то використовується метод додаткових завдань – вирішення додаткових, експериментальних задач, пов'язаних із сенсомоторними реакціями, арифметичними або логічними діями. При цьому його діяльність

оцінюється 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 їхньої виникнення, місця них 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 статистичній обробці і використовуються при аналізі діяльності оператора.

Метод експертних оцінок застосовують, коли неможливо послугоуватись об'єктивними методами. Для експертних оцінок вибирають досвідчених операторів, які мають відповісти па серію стандартних, спеціально розроблених питань. 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 статистичній і машинній обробці.

Метод бесіди з оператором використовується тоді, коли певні елементи діяльності не піддаються інструментальній об'єктивній оцінці, але виразно відображені у свідомості оператора. В бесіді беруть участь різні за професійною підготовкою оператори, завдання яких відповісти на конкретні запитання. У цих випадках відповіді можуть стандартизуватися і піддаватися подальшій статистичній обробці. У «вільній» бесіді кожне наступне запитання може залежати від відповіді на попереднє. До того ж сама відповідь оператора не обмежена стандартними «рамками», які патякають па певну відповідь. Такі умови сприяють відтворенню елементів діяльності оператора, хоча і створюють певні труднощі при обробці даних.

Варто зауважити, що метод бесіди застосовують і як допоміжний до всіх описаних вище методів.

При здійсненні аналізу діяльності вона поділяється на окремі компоненти за відповідними спеціально обраними критеріями і ознаками залежно від поставленої мити. Щодо операторської діяльності передбачається;

- аналіз існуючої діяльності для її оцінки 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 па рінні окремих операцій.

Опис діяльності оператора на рівні системи застосовується за необхідності розкриття і відображення тільки загальних психологічних

особливостей, які характеризують діяльність у цілому: її організацію, композицію, структуру, склад тощо, Для опису на цьому ринні 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. Розглянемо деякі з цих методів.

Метод опису переліку функцій в основі своїй має вербальний перелік і опис дій оператора, їхніх зовнішніх проявів і пов'язаних з ними психологічних процесів. Для отримання необхідних даних спочатку складається загальний, стандартизований перелік функцій, які, можливо, виконуватиме оператор у системі управління.

Потім для кожної задачі, з урахуванням режиму роботи СЛМ, відзначаються ті функції, які фактично буде виконувати оператор. На основі проведеного аналізу складається перелік основних функцій, то їх частіше за все виконує оператор,

У спеціальних таблицях указують основні функції, ймовірність їх виконання, часові й точнісні показники, характер помилок, а також рівень напруженості роботи оператора.

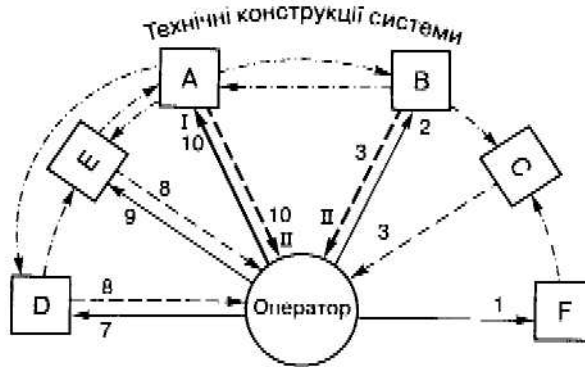
Приклад можливого розподілу функцій було запропоновано Дж. Рабідо (1100), згідно з яким функції оператора були поділені на такі групи: *перцептивні, опосередковані, комунікативні і моторні.*

Метод багатомірно-вагового опису розроблений В. О. Бодровим, Г. М. Зараківським та В. І. Медведєвим і спрямований теж на опис функцій оператора, але з урахуванням їхньої значущості у діяльності оператора і характеру їхнього взаємозв'язку.

Для застосування цього методу потрібно виділити всі показники діяльності та всі фактори, які суттєво впливають на її перебіг, і ввести їх у єдину схему,

При цьому ступінь впливу цих показників і факторів необхідно представити в єдиних безрозмірних величинах, наприклад у вагових коефіцієнтах або Палах. Тільки за такою схемою можна зробиш багатомірно-ваговий опис діяльності оператора.

Метод просторово-організаційного опису базується на встановленні та аналізі взаємозв'язків між операторами і технічними елементами системи. Такий аналіз здійснюється за схемою, на якій з одного боку зображені технічні елементи системи, а з другого оператори. За допомогою різного виду стрілок кодується характер зв'язків, їхня спрямованість, значущість, а цифри біля стрілок – частота використання даного зв'язку, Приклад такої схеми представлений на рис. 19.



- > - дія оператора
- ▶ - значуща дія оператора
- > інформація для оператора
- ▶ значуща інформація для оператора
- > інформація між технічними конструкціями

Рис. 19

ОПИС просторової Організації системи (арабські цифри позначають частоту окремих тяжій, римські - їх значущість)

За допомогою подібних схем можна визначити окремі групи або блоки, більш «завантажені», характер зв'язку а також ПОСЛІДОПНІСТЬ використання технічних засобів. До того ж картина інформаційного обміну може бути розгорнуті У часі, що дає можливість аналізувати діяльність оператора па річних станах функціонування СЛМ.

Опис діяльності на ріпи, операцій передбачає що період діяльності, який рол додасться, або задача розкладаються ні окремі елементи, прості дії, операції та визичається характер функціональних зв'язків між ними. При цьому основна увага звертається не стільки на окремі стани елементів системи, скільки па закономірності переходу їх з одного стану *a* інший. Методи, які належать до цього способу опису діяльності оператора, побудовані, головним чином на аналізі послідовності переробки інформації і виконання керуючих дій. Такі описи допомагають розкрити операційну структуру окремих етапів діяльності або окремих задач Слід зауважити, то в описі діяльності оператора можуть бути представлені пронеси переробки інформації в технічних елементах системи, якщо від цього залежать результати діяльності оператора,

Одним із найрозповсюдженіших вважається *метод алгоритмічного опису діяльності оператора*. В його основу бую покладено принцип алгоритмічного опису управління розроблений для технічних систем О, О. Ляпуновим і Г. О. Шестопалов. Пізніше з метою опису й аналізу психофізіологічних особливостей діяльності людини-оператора цей метод був перероблений Г. М. Зараковським.

Алгоритмом будь-якої системи управління, в тому числі і біологічної, є сукупність елементарних операцій переробки інформації і логічних умов, що визначають їх послідовність і забезпечують вирішення поставленого завдання.

Складовими алгоритмічного опису є оперативні одиниці діяльності людини. Такими одиницями можуть бути образи сприймання і пам'яті, поняття і судження, а також прості та складні дії оператора (сприймання інформації з приладів, виконання розрахункових дій, ввімкнення тумблерів тощо),

Склад оперативних одиниць для конкретного виду діяльності оператора є більш-менш незмінним. Оперативні одиниці можуть бути двох видів:

- логічні умови (образи, поняття, судження), які пропонують вибір певного шляху дій оператора;
- «оператори», тобто певні, конкретні дії оператора.

Для запису алгоритму використовується його логічна схема (ЛСА), в якій застосовується система символічних позначень.

Великими латинськими літерами (*A, B, C*) позначаються «оператори» певні, конкретні дії, а маленькими літерами (*u, c, ci...*) логічні умови. Серед типових дій оператора розрізняють аферентні акти (сприймання інформації, отримання команд тощо), які позначаються індексом *a*, і еферентні дії (натискання кнопок, подання команд тощо), які позначаються індексом *e*.

Виконання логічної умови позначається індексом 1, а невиконання індексом 0. Алгоритмічний опис прочитується як звичайний вербальний текст – зліва направо. Великі літери читаються послідовно одна за одною.

Якщо в схемі трапляється мала літера, котра позначці: логічну умову, то після неї ставиться вихідна стрілка з номером, який указує на можливу спрямованість дій оператора. Але тут можливі два варіанти:

- якщо умова виконана, то, незважаючи на стрілку, алгоритм прочитується далі, тобто переходить до наступного елемента діяльності;
- якщо умова не виконана, то необхідно продовжувати читання алгоритму за стрілкою, яка вказує, до якого елемента алгоритму треба переходити.

Про це свідчить вхідна стрілка з таким самим номером.

Наприклад, візьмемо фрагмент алгоритму

$$\begin{array}{c} \downarrow \\ A p \uparrow B \\ \downarrow \end{array}$$

якщо логічна умова виконана ($p = 1$), то порядок дій оператора буде – AB , якщо логічна умова не виконана ($p = 0$), то порядок дій оператора буде – AA ,

Для запису безперервних процесів, діяльністю яких не можна

знехтувати (наприклад, спостереження), вводиться позначення – дужка знизу: $A^{(a)}$. Якщо дві дії одночасно не можуть бути викопані, то між ними ставиться хибна логічна умова – $\acute{\omega}$.

Розглянемо застосування алгоритмічного методу для опису и аналізу діяльності пілота, який повинен підтримувати горизонтальний політ літака.

Для позначення членів алгоритму вводиться такі символи:

- утримання рукоятки управління у нейтральному положенні ($R_0^{(\epsilon)}$);
 - поворот рукоятки вліво ($R_1^{(\epsilon)}$);
 - поворот рукоятки вправо ($R_p^{(\epsilon)}$);
 - утримання рукоятки, відхиленої вправо або вліво ($R_u^{(\epsilon)}$);
 - поворот рукоятки у нейтральне положення ($R_w^{(\epsilon)}$);
 - сприймання інформації з авіагоризонта ($R^{(a)}$);
 - поява нахилу на приладі (D);
 - поява лівого нахилу (d_1);
 - відхилення за нахилом залишилось (d');
 - хибна логічна умова ($\acute{\omega}$).
- 1-й варіант алгоритму;

$$\downarrow \underbrace{R_0^{(\epsilon)}}_1 \underbrace{A^{(a)}}_1 (d=0) \uparrow$$

Цей алгоритм читається так, Пілот утримує рукоятку управління в нейтральному положенні - $R_0^{(\epsilon)}$ і одночасно спостерігає за показниками авіагоризонта $A^{(a)}$.

Якщо нахилу немає ($d=0$), то за стрілкою (1) він повертається до початку алгоритму (1), і ці дії повторюються, поки зберігається логічна умова ($d=0$),

2-й варіант алгоритму

$$\downarrow \underbrace{R_0^{(\epsilon)}}_1 \underbrace{A^{(a)}}_1 d \uparrow d_1 \uparrow \underbrace{R_p^{(\epsilon)}}_2 \downarrow \underbrace{R_u^{(\epsilon)}}_2 \underbrace{A^{(a)}}_2 d' \uparrow \omega \uparrow \downarrow \underbrace{R_w^{(\epsilon)}}_3 \omega \uparrow \downarrow \underbrace{R_1^{(\epsilon)}}_6 \omega \uparrow$$

читається так. Пілот утримує рукоятку управління у нейтральному положенні – $R_0^{(\epsilon)}$. і одночасно контролює авіагоризонт – $A^{(a)}$. Якщо нахилу літака немає ($d=0$), то за стрілкою (1) він повертається до початку алгоритму, і ці дії повторюються, поки зберігається умова ($d=0$). Якщо нахил є ($d=1$) і він є лівим ($d=1$), то пілот має відхилити рукоятку управління вправо $R_0^{(\epsilon)}$. Якщо ж нахил є правим ($d=1$; $d=0$), то за стрілкою 2 приходимо до $R_1^{(\epsilon)}$ тобто рукоятку треба відхилити вліво, а потім за стрілкою 6 до члена алгоритму, який свідчить про те, що рукоятку необхідно утримувати у цьому (відхиленому) положенні і одночасно спостерігати за авіагоризонтом $A^{(a)}$, контролюючи зменшення відхилення. Якщо відхилення зникло ($d=0$), то пілот повинен повернути рукоятку у

нейтральне положення A^1 , я потім за стрілкою 5 повернутися до початку алгоритму, Якщо нахил літака залишився ($d=1$), то за стрілкою 4 необхідно повернутися до члена алгоритму $R_u^{(e)}$, тобто продовжувати утримувати рукоятку у відхиленому положенні і повторювати ці дії до тих пір, поки нахил не зникне ($d=1$).

Застосовуючи цей метод, діяльність оператора можна оцінювати за такими показниками, як показник стереотипності, показник логічної складності, середня швидкість переробки інформації, динамічна інтенсивність виконання алгоритму.

Показник стереотипності оцінюється за кількістю послідовних дій оператора в загальній структурі алгоритму без логічних умов, а також довжини цих послідовностей (груп). Цей показник визначається за

$$Z = \sum_{n=1}^k P_n(0) X_n(0),$$

формулою:

де $P_n(0)$ – ймовірність таких груп; $X_n(0)$ – кількість послідовних елементів у групі без логічних умов по $1, 2 \dots A$, членів.

Значення цього показника може коливатись у межах під (коли після кожного «оператора» йде логічна умова) до k (коли зовсім нема логічних умов).

Показник логічної складності визначається за формулою:

$$L = \sum_{n=1}^m P_n(l) X_n(l),$$

де $P_n(l)$ – ймовірність таких груп; $X_n(l)$ – кількість логічних умов у групі з $1, 2 \dots l$ таких умов.

Але підрахування показників стереотипності і логічної складності за даними формулами не враховує характер роботи оператора і складність виконання алгоритму, тобто цей метод має два суттєві недоліки:

- важко визначити допустимі значення цих показників, у межах яких робота оператора може вважатися нормальною;
- такий метод вибачення цих показників не враховує довжину алгоритму, і тому різні за складністю алгоритми оцінюються приблизно однаковими за значенням коефіцієнтами Z і L ,

Можливий приклад наведений у таблиці 9.

Таблиця 9

Характеристики алгоритмів роботи оператори різної складності

Загальна кількість членів алгоритму	Кількість «операторів»	Кількість груп «операторів»	Z	Кількість логічних умов	Кількість груп логічних умов	L
52	31	10	3,1	21	10	2,1
83	31	10	25	2,08		

Ці недоліки можна ліквідувати, якщо змінити правила обрахунку цих коефіцієнтів. Нехай алгоритм складається з N членів, серед яких L – «оператори» M_i – логічні умови, які, своєю чергою, відповідно розподілені за n_n і n_l групами. Починаючи з лівого краю, алгоритм поділяється на групи, при цьому при підрахуванні I перша група починається з першого «оператора» і закінчується першою наступною логічною умовою, а при підрахуванні L з першої логічної умови і закінчуючи першим наступним «оператором».

Потім для кожної групи підраховуються; кількість елементів у групі, кількість «операторів» або логічних умов. Далі за формулами обраховуються значення цих параметрів:

$$Z_n = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{n_0} \frac{m_{0i}^2}{m_i}$$

де N – кількість членів алгоритму, починаючи з першого «оператора»; m_{0i} – кількість «операторів» у групі; m_i – кількість членів групи.

$$L_n = \frac{1}{N} \sum_{j=i}^{n_n} \frac{m_{nj}^2}{m_j}$$

Де N – кількість членів алгоритму, починаючи з першої логічної умови; m – кількість логічних умов у групі; m – загальна кількість членів групи,

Проведені експериментальні дослідження дали змогу встановити значення цих коефіцієнтів, за яких робота оператора може вважатися нормальною:

$$0,25 \leq Z_n \leq 0,85;$$

$$L_n \leq 0,20.$$

$$0,25 < 2_n < 0,85;$$

Якщо порівняти значення нормованих коефіцієнтів ξ_n і I_m з коефіцієнтами 7, з таблиці 10, то можна побачити суттєві розбіжності для двох алгоритмів роботи оператора.

Таблиця №10

Порівняльні характеристики різних способи підрахування коефіцієнтів Z і L.

Загальна кількість членів алгоритму	Коефіцієнт стереотипності		Коефіцієнт логічних умов	
	Z	z.	L	K
52	3,10	0,46	2,10	0,14
83	3,10	0,34	2,08	0,18

Розглянемо один з прикладів підрахуванні 2_u і I_n за схемою алгоритму роботи оператора;

Опис членів алгоритму наведений у таблиці 11. З аналізу схеми

$$A_1 P_2 A_3 A_4 P_5 A_6 P_7 A_8 A_9 P_{10} A_{11} P_{12} A_{13} A_{14} A_{15} P_{16} A_{17} P_{18} A_{20} P_{21} A_{22}.$$

алгоритму встановлено:

$$N = 22; n_0 = 9; n_{\pi} = 8; N^* = 21.$$

Для підрахуванні 7_n поділимо алгоритм на такі групи:

$$A_1 P_2; A_3 A_4 P_5; A_6 P_7; A_8 A_9 P_{10}; A_{11} P_{12}; A_{13} A_{14} A_{15} P_{16}; A_{17} P_{18}; A_{19} A_{20} P_{21}; A_{22}.$$

Таблиця 11

Опис членів алгоритму

Опис «операторів» і логічних умов	Позначення
Ввімкнути тумблер «Живлення»	<i>A</i>
Горить лампочка L_0	P_2
Встановити перемикач «Робота» у положення 1	<i>A</i>
Натиснути кнопку «Контроль»	<i>A</i>
Горить лампочка L_1	P_5
Відпустити кнопку «Контроль»	<i>A</i>
Лампочка L_1 згасла	P_7
Увімкнути тумблер «Канали»	<i>A</i>
Натиснути кнопку «Робота»	<i>A</i>
Горить лампочка L_2	Л₀
Відпустити кнопку «Робота»	<i>A_i</i>
Згасла лампочка L_2	P_п
Увімкнути тумблер «Канали»	<i>A,</i>
Встановити перемикач «Робота» в положення 2	<i>A.</i>
Натиснути кнопку «Контроль»	<i>A,</i>
Горить лампочка L_3	Л_б
Відпустити кнопку «Контроль»	<i>A_i</i>
Згасла лампочка L_3	P_{12}
Встановити перемикач «Робота» в нейтральне положення	<i>A_ч</i>
Ввімкнути тумблер «Живлення»	<i>A,</i>
Згасла лампочка L_0	Л,
Доповісти про виконану роботу	<i>A_г</i>

Підрахуємо значення параметра Z_n .

$$Z_n = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{n_0} \frac{m_{0i}^2}{m_i} =$$

$$= \frac{1}{22} \left(\frac{1^2}{2} + \frac{2^2}{3} + \frac{1^2}{2} + \frac{2^2}{3} + \frac{1^2}{2} + \frac{3^2}{4} + \frac{1^2}{2} + \frac{2^2}{3} + \frac{1^2}{1} \right) = 0,42.$$

Для підрахувати! I_{II} групи будуть такі:

$$P_{2_3}A_4; P_{5_6}A; P_{7_8}A_9; P_{10}A_{11}; P_{12}A_{13}A_{14}A_{15};$$

$$P_{16}A_{17}; P_{18}A_{19}A_{20}; P_{21}A_{22}.$$

$$L_n = \frac{1}{N^*} \sum_{j=1}^{n_1} \frac{m_{1j}^2}{m_j} = \frac{1}{21} \left(\frac{1^2}{3} + \frac{1^2}{2} + \frac{1^2}{3} + \frac{1^2}{2} + \frac{1^2}{4} + \frac{1^2}{2} + \frac{1^2}{3} + \frac{1^2}{2} \right) = 0,1.$$

Середня швидкість переробки інформації вираховується за формулою:

$$V = \frac{\sum_{i=1}^K H_{i_0} + \sum_{j=1}^m H_{j_1}}{\tau},$$

де K – кількість «операторів»; H_{i_0} – ентропія і-го «оператора»; H_{j_1} – ентропія -го логічної умови; m - кількість логічний умов; τ - час виконання алгоритму,

Ентропії визначаються за формулами, наведеними у спеціальній літературі.

Напруженість (інтенсивність) виконаний алгоритму визначаємо ш формулою;

$$I = \frac{K + m}{\tau}.$$

Вона залежить від кількості елементарних оперативних одиниць діяльності (кількість «операторів» плюс кількість логічних умов) та часу, потрібного операторові для їхнього виконання.

Для визначення загальної складності виконання алгоритму людиною-оператором пропонується формула:

$$S_a = \frac{Z_n VI}{L_n}.$$

Розглянуті показники виконання алгоритму визначають складність роботи оператора і можуть використовуватися для порівняльної оцінки однотипних видів операторської діяльності,

Цей метод – алгоритмічною опису – може бути застосований також п інженерно-психологічній експертизі вже діючих СЛМ. Підрахування наведених вище показників проводиться для всіх режимів роботи оператора, оскільки режим суттєво впливає на структуру (алгоритм) його діяльності.

Слід зазначити, що при проектуванні та оцінці діяльності оператора і системи використовуються такі інженерно-психологічні характеристики: швидкодія, точність, надійність, напруженість діяльності оператора (див. 2.3; 4,4).

5.4. Функціональні стани оператора

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 вельми значна.

Оператор може працювати за 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 переробки значної кількості інформації за обмежений час, прийняття відповідальних рішень у ситуаціях дефіциту часу, а інші вимагають монотонного спостереження без отримання інформації протягом тривалою часу. Зрозуміло, що характер задач і умов, у яких вони вирішуються, визначає динаміку психофізіологічних станів людини-оператора, тобто комплекс «довколишні умови і 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 і 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 і взаємодії у процесі діяльності, Крім цього, важливі тільки ті зміни, які стосуються трудової діяльності. В зв'язку з цим використовують такі поняття, як зрушення стану і зміни етапу.

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 котрих 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 та обсягу уваги;
- швидкості і точності складних видів рухових реакцій, координації рухів, легкості створення і перетворення рухових стереотипів;
- наполегливості і рішучості в поєднанні з ініціативністю і самокритичністю.

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

- 1) мобілізація;
- 2) первинна реакція;
- 3) гіперкомпенсація;
- 4) компенсація;
- 5) субкомпенсація;
- 6) декомпенсація;
- 7) 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 етап оператора, визначений як оперативний спокій, тобто стан, котрий забезпечує операторові його входження в робочий процес. Під час трудової діяльності в оператора цей стан замінюється іншими залежно від особливостей самої діяльності, факторій 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 рефлексорним шляхом підвищується тону центральної нервової системи та функціональна активність певних органів і систем, Як було встановлено Д. 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, шерегу ендокринних органів, підсиленням процесів збудження і гальмування у центральній нервовій системі, а також із специфічними зрушеннями, які полегшують функціонування так званих «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 під 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 етапу системи, особливо в руховій сфері, але ще немає необхідної відповідності реакцій організму характерові роботи, певному навантаженню. Ця фаза динамічна, показники її нестабільні і можуть різко змінюватися 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 і 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 максимальна.

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 і функціонально менш корисні. І хоча за допомогою додаткових форм компенсації підтримується відносно стабільний функціональний стан робочих систем організму, та рівень їхнього функціонування значно знижений і, відповідно, знижена ефективність праці. Найслабше реагує організм на підвищення інтенсивності праці, що зумовлює виникнення на ступній 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 неспроможністю продовжувати роботу. Порушення діяльності внутрішніх органів, які виконують вегетативні функції, викликають колаптоїдний стан і непритомність.

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

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. Не забезпечує: різке підвищення працездатності, Найбільший ефект досягається тоді, коли подразнення другої сигнальної системи пов'язані зі стимулами великою 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 із особистісними характеристиками людини пов'язані емоційні стани оператора.

Емоційні стани – це стани, що виникають через переживання людиною її відношення до зовнішнього світу, до самої себе, до характеру змін кількісних і якісних параметрів відповідні 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 свідомо діяльність людини певною мірою пов'язана з розвитком емоційних станів,

Контрольні запитання

1. Розкрийте особливості діяльності оператора.
2. Класифікуйте фактори, що впливають на ефективність діяльності оператора.
3. Схарактеризуйте психологічні методи опису і оцінки діяльності операторів.
4. Як здійснюється контроль та нормалізація станів людини-оператора?
5. Які особливості групової діяльності операторів?
6. У чому сутність інженерно-психологічних проблем управління груповою діяльністю?

Теми рефератів

1. Системний підхід до вивчення трудової діяльності операторів.
2. Психологічні особливості управління трудовою діяльністю.
3. Психологічні моделі управління трудовою діяльністю.
4. Вплив функціональних станів на ефективність діяльності операторів.
1. Види взаємовідносин між операторами в малій групі.
7. Психологічні моделі групової діяльності.

Лекція 6

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДІЯЛЬНОСТІ ОПЕРАТОРА

6.1. Проектування засобів відображення Інформації

Особливий інтерес для інженерної психології становлять ті технічні компоненти СЛМ, з якими має справу людина. Це перш за все різні технічні засоби відображення інформації (ЗВІ), що взаємодіють із сенсорним входом людини, і технічні засоби введення інформації, завдяки яким людина впливає на функціонування СЛМ.

За допомогою технічних засобів відображення інформації створюється інформаційна модель процесу управління, яка слугує основою формування образно-концептуальної моделі управління СЛМ і, своєю чергою, є основою розробки та прийняття певних рішень і подальшою складання плану операцій з управління об'єктом.

Конкретні типи ЗВІ, їхня кількість і розташування визначаються характером функцій оператора у СЛМ, особливостями його діяльності, а також психофізіологічними особливостями самої людини-оператора. Різноманітність ЗВІ зумовила появу і різних форм їхньої класифікації (схема 10).

- 1) За функцією інформації, що видається, ЗВІ діляться на командні

(цільові) і ситуаційні (контрольні). *Командні індикатори* відображають мету управління, якої потрібно



Схема 10

досягти, і наляють відомості про необхідні дії. Такими індикаторами є командні табло («Стій», «Іди») або командні прилади пілота при здійсненні посадки, або судновий телеграф, то задає, напрямок руху судна чи кількість обертів» двигуна, тощо.

Ситуаційні індикатори дають інформацію не тільки про відхилення технологічного процесу від заданої програми, а й про окремі показники цього процесу, Однак ці сигнали не можуть бути основою для вибору певного засобу керуючих дій.

Прикладом таких індикаторів є, різні датчики, розташовані на панелі приладів водія, на щиті управління оператора енергосистем тощо.

2) За способом використання інформації індикатори поділяються на три групи; прилади контрольного, якісного, кількісного надання інформації.

За допомогою приладів *контрольного надання інформації* оператор вирішує задачу типу «так чи ні»; працює певний прилад чи ні, в нормі параметри його роботи чи ні, Для цього застосовують сигнальні лампочки, табло, звукові сигнали, інколи стрілкові прилади, на яких позначені межі допустимих відхилень параметрів,

На *індикаторах якісного відображення* подається інформація про спрямованість змін необхідною параметра (наприклад, збільшується він чи зменшується), характер відхилення (вліво – вправо) тощо.

Індикатори кількісного відображення інформації передають її в числових значеннях параметра, що контролюється. До цієї групи відносять більшість використовуваних приладів та індикаторів.

3) За модальністю сигналу індикатори поділяються на зорові,

акустичні, тактильні тощо.

Психофізіологічні характеристики і особливості приймання інформації людиною-оператором ми розглядали у третьому розділі.

4) За формою сигналу, тобто за відношенням властивостей сигналу до властивостей об'єкта, розрізняють абстрактні і зображувальні ЗВІ.

У першому випадку сигнали передаються у вигляді абстрактних символів (цифри, літери, геометричні фігури тощо), які у закодованому вигляді відображають стан об'єкта управління. В другому випадку інформація передається у формі зображення, що характеризується схематизацією, деталізацією, а також кількістю відображених властивостей об'єкта.

Особливістю картинних зображень є здатність у наочній формі передавати цілий комплекс динамічних взаємопов'язаних властивостей об'єкта, сприйняття яких не потребує декодування,

5) За рівнем деталізації інформації ЗВІ можуть бути інтегральними і детальними.

На інтегральних індикаторах інформація подається в узагальненому вигляді, що скорочує час її пошуку і синтезування. Прикладом такої форми подавання інформації можна вважати графік функціонування технологічного процесу, діаграми, номограми. Спостерігаючи за певним процесом, оператор може відшукати необхідну йому деталізовану інформацію для прийняття ефективного рішення і вибору керуючого шілі ну.

Засоби відображення інформації є технічною основою побудови інформаційної моделі процесу управління, з якою працює оператор.

Для створення умов ефективної діяльності оператора інформаційна модель має відповідати трьом основним вимогам:

- за змістом, адекватно відображаючи об'єкт управління і довколишнє середовище;

- за кількістю інформації, забезпечуючи оптимальний інформаційний баланс;

- за формою і композицією, слугуючи завданням управління і враховуючи психофізіологічні можливості оператора,

За допомогою різних технічних елементів індикації створюють і засоби відображення інформації, які можуть бути виконані у вигляді табло, мнемосхем, панелей приладів, щитів.

На *табло* дані відображені у формі таблиць, інформаційне поле яких будується згідно з призначенням і обсягом необхідної інформації (табло-розклад прибуття і відправлення поїздів на вокзалі або табло-ешелонатор у системі управління повітряним рухом тощо).

Мнемосхема – це умовне графічне зображення виробничого процесу у вигляді комплексу символів, які відображають окремі елементи системи з їх взаємозв'язками. Найбільше поширені мнемосхеми в

енергетичній, хімічній, металургійній промисловості, у системах управління різними транспортними потоками тощо.

Панель приладів складається з окремих приладів та індикаторів, кожен з яких несе інформацію про певний параметр об'єкта.

Прикладів створення панелей приладів і щитів дуже багато: це і панель приладів у кабіні літака і в салоні автомобіля, не різні електричні щити приладів тощо. В багатьох випадках систему відображення інформації роблять комбінованою, тобто мнемосхема може бути складовою табло або панелі приладів, а на останній частина даних відображається у вигляді табло і т.п.,

Не менш важливе питання – це організація інформаційною потоку, яка має виключати можливість перевантаження або недовантаження оператора.

В проектуванні ЗВІ наявні інженерно-психологічні способи поєднуються з кількісними методами оцінки потоку інформації, що базуються на математичних методах теорії масового обслуговування і теорії інформації. На завершальних етапах проектування ця оцінка уточнюється експериментальним шляхом, а на етапі випробувань – у процесі функціонування СЛМ.

Відносно останньої вимоги до інформаційної моделі, то перед усе необхідно враховувати у проектуванні ЗВІ психофізіологічні характеристики аналізаторів, розглянуті в розділі 3, крім цього, в побудові інформаційних моделей слід дотримуватися певної послідовності організації уваги, при розташуванні елементів моделі створювати умови для максимального розвантаження оперативної пам'яті за рахунок певного розташування ЗВІ і органів управління, а також застосування різних наочних матеріалів.

Найбільші труднощі у проектуванні інформаційних моделей пов'язані з забезпеченням оптимального співвідношення ознак сигналу і об'єкта.

Як відомо, всі сигнали, що з ними має справу оператор, поділяються на два класи: сигнали-зображення, в котрих властивості сигналу відтворюють властивості об'єкта з різною мірою наочності (від телевізійного зображення до схеми, малюнка, креслення), і сигнали-символи, які позначають властивості об'єкта за допомогою абстрактних символів, умовних знаків.

При використанні сигналів-зображень процеси сприймання і декодування інформації немовби поєднуються, що суттєво скорочує час приймання інформації.

За експериментальними даними, час сприйняття різних форм зображень об'єкта залежить не тільки від режиму (нав'язаний, вільний) роботи суб'єкта діяльності, а й від міри наочності (символічності, кодованості), застосованої у створенні цих зображень (табл. ІЗ).

В абстрактних ЗВІ інформація подається у вигляді сигналів-

символів, для чого використовують три основні форми зорової індикації стріл коку, знакову, графічну.

Стрілкова індикація – це спосіб відображення інформації для забезпечення оператора відомостями про хід і спрямованість змін, а також кількісними характеристиками пара метрів, що контролюються, у зоні допустимих значень.

Основними перевагами стрілкових індикаторів є простота їхньої конструкції, зручність і легкість в експлуатації, а також мала собівартість, Незважаючи на певні недоліки – обмежену наочність, відображення тільки одного параметра

відносно велику площину шкали – стрілкові індикатори широко використовуються, оскільки оператори дуже легко пристосовуються до них.

Як свідчать результат експериментів, ефективність сприйняття

Р ис. 21.



Приклади стрілкової індикації. Загальний вигляд пілотажних приладів

інформації з таких індекаторів залежить від характеристик окремих їх елементів: шкали, стрілки, оцифровки, розмітки (рис. 21).

Точність і швидкість сприймання інформації залежать від форми і розміру шкали, особливостей графічної індикації, дистанції спостереження, а також режиму роботи оператора. При коротких експозиціях ($t < 5с$) сприймання інформації з приладу з рухомою шкалою і нерухомою стрілкою буде точнішим, ніж навпаки, а зі збільшенням часу експозиції все змін кил ПСЯ у зворотному порядку,

На якість сприймання інформації впливають форма і розміри шкали. Оптимальний кутловий розмір шкали становить 2,5..,5". За збільшення або зменшення діаметра шкали суттєво знижується точність сприймання інформації і збільшується час.

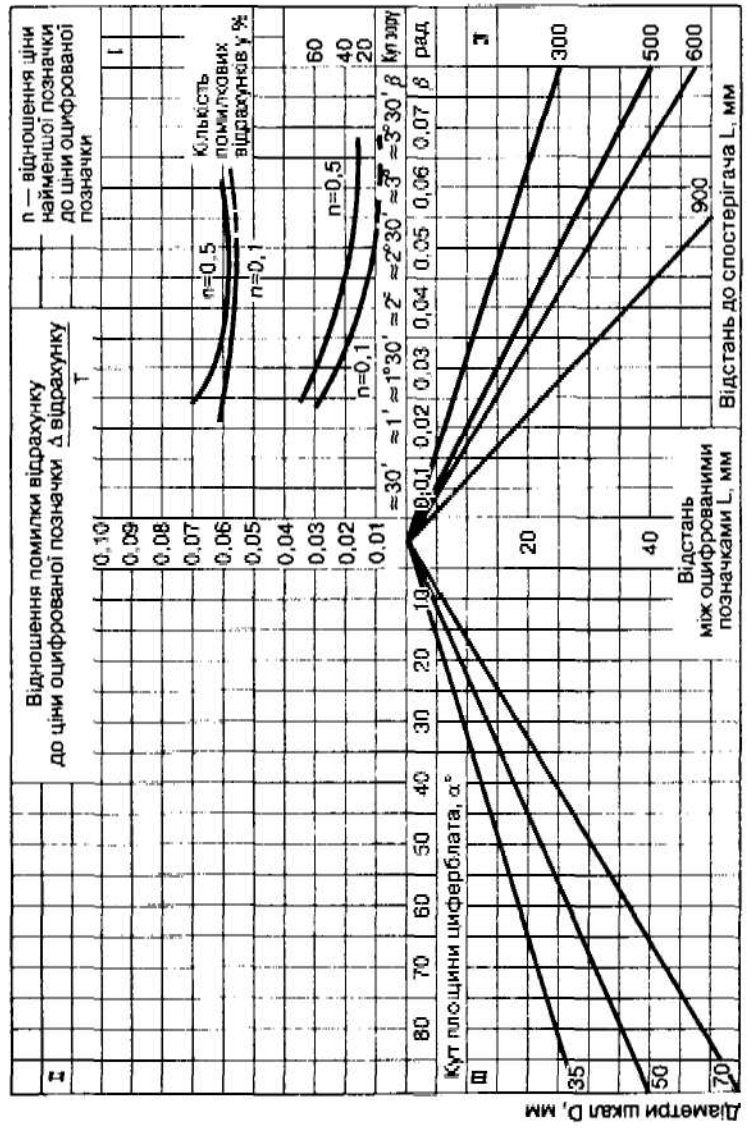
На підставі результатів експериментальних досліджень була складена номограма, яка сприяє визначенню необхідних для проектування характеристик шкал, виходячи з заданої точності і дистанції сприймання інформації (рис. 22).

Якість сприймання інформації, як уже зазначалося, узалежнена також від форми шкали (рис. 23), вибір якої, своєю чергою, залежить від поставленого завдання.

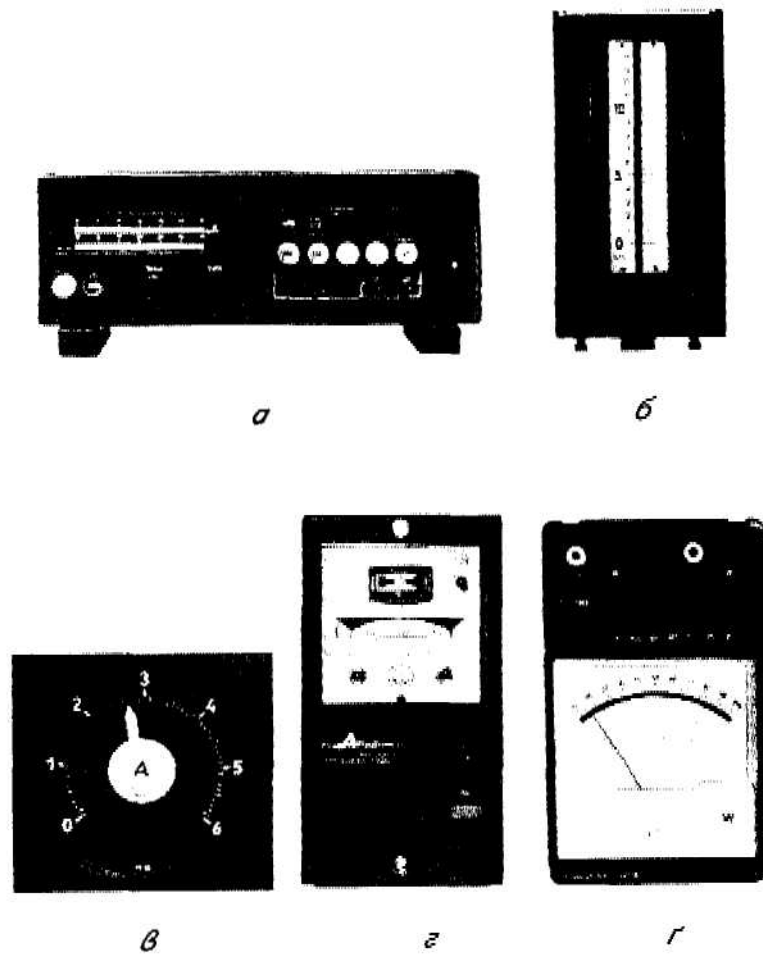
Для кількісною зчитування інформації краще застосовувати шкалу «відкрите вікно», а для характеристики параметрів глибини чи висоти або

температури краща – вертикальна (б). Для виділення характерних або особливих ділянок шкали і прогнозування діяльності оператора найбільше підходять кругова (в) або напівкругова (г) шкали.

Важливе значення для сприймання інформації зі шкал приладів мають форма і розташування стрілок, особливості розмітки і оцифровки шкали. Найбільші переваги над іншими має клиноподібна стрілка, кінчик якої має бути не ширший, ніж найменша позначка шкали, і має «працювати» на відстані 0,4... 1,5мм від графічних позначок поділу шкали. Ефективність застосування самих графічних позначок, які певним чином поділяють шкалу, інтервал оцифровки, розміри самих штрихів мінімальних і оцифрованих діапазонів значення тощо вивчалися спеціально, і на підставі отриманих даних були розроблені відповідні закономірності, що формалізовані у вигляді графіків, таблиць, номограм. Крім того, розроблені вимоги і рекомендації щодо розташування них приладів на інформаційній панелі та їх поєднання за кольором і формою з іншими 1138; 139. Знакова індикація, В абстрактних; Ш використовують різні види знаків: літери, цифри, умовні символи, абстрактні фігури.



Р и с. 22
 Номограма для визначення характеристик приладів



Р и с. 23
 Форми шкал:
 а – горизонтальна; б – вертикальна; в – кругова;
 г – індикатор із нерухомою стрілкою і рухомою шкалою;
 д – напівкруговий індикатор із нерухомою
 шкалою і рухомою стрілкою

Побудова умовних символів може здійснюватись індуктивним і дедуктивним способами. У першому випадку реальне зображення спрощується і залишаються тільки важливі ознаки об'єкта, Таким чином воно може «згорнутися» н умовний символ. При застосуванні другого способу в основі зображенні – абстрактна геометрична фігура, до якої вводяться додаткові елементи (цифри, літери, штрихи, кольори тощо). Головне значення у сприйманні знака мають його контур і кількість додаткових елементів, а також режим роботи оператора. В умовах вільного режиму сприйняття інформації (необмежена експозиція) оперативний поріг розрізнення контуру знака перебуває в межах 9'...15', букв 6'...9', а вже за обмеження часу експозиції розмір контуру знака має бути в межах 6, його деталі – 30'...40'; а букви – 40'...50'.

На загал необхідно враховувати співвідношення розміру деталей знака та їх кількості з розмірами основного контуру знака. Складність самою знака залежить від кількості додаткових елементів. Знак, який складається тільки з контуру простої геометричної фігури, вважається простим, з одним додатковим елементом (літера, цифра, колір чи деталь) є середнім за складністю, а з кількома додатковими елементами – складним. Ступінь складності знаків впливає на характер їх розрізнення і впізнання (табл. 14).

Таблиця 14

Характеристики розрізнення і впізнання неоднакових за складністю знаків

Показник	Розрізнення знаків			Упізнання знаків		
	Простий	Середній	Складний	Простий	Середній	Складний
Пороговий час експозиції, с	0,05	0,15	0,35	0,03	0,03	0,05
Латентний період реакції, с	1,60	1,83	2,02	3,06	2,55	2,76
Відсоток правильних відповідей	81	45	8	80	98	97

Для відображення знакової інформації застосовуються різні типи індикаторів, порівняльна інженерно-психологічна характеристика яких наведена у таблиці 15. Універсальними засобами відображення інформації є електронно-променеві і рубки, алфавітно-цифрові і графічні дисплеї, які широко застосовують у сучасних складних СЛМ.

Порівняльна інженерно-психологічна характеристика різних типів індикаторів

Види індикатора	Розмір знака, мм	Висвітлюваний колір	Яскрав. світіння, кд/м ³	Кут спостереження, град.	Символи
Електромеханічний	До 100	-	-	120	Цифри, символи
Електролюмінесцентний	20 і більше	Зелений, блакитний, жовтий, червоний	20-50 для зеленого; 6-20 для інших кольорів	160	Цифри, літери, знаки, фігури
Вакуумно-розжарювальний	10-20	Жовтий	До 20000	140	Цифри, літери, знаки
Вакуумно-люмінесцентний	10-25	Зелений	250-500	140	Цифри, літери, знаки
Тиратрон тліючого розряду	7-13	Червоний, жовтий, зелений	40-70	100	Цифри
Газорозрядний	До 20	Червоний	50-200	90	Цифри, літери, знаки
Світловий-1 проміню-вальний Діод	10-15	Червоний, зелений, жовтий	250	150	Цифри, літери, знаки
Рідкокристалічний	10	Темний	Не випромінює	150	Цифри, літери
Види індикатора	Розмір знака, мм	Освітлюваний колір	Яскрав. світіння, кд/м-	Кут спостереження, град.	Символи
На лампах розжарювання – проєкційний	25-35	Жовтий	30-50	150	Цифри
Світло-провідний	30	Жовтий	30-50	40	Цифри

Графічна індикація застосовується переважно у випадках, коли треба

спрогнозувати хід розвитку подій, що потребує інтерполяції і екстраполяції даних, їх співставлення, визначення провідного фактора впливу на процес управління. Найрозповсюдженішими формами графічної індикації є графіки, діаграми, номограми та інші графічні зображення функціональних залежностей річних складових процесу управління. Детальніше особливості сприймання графічної інформації відображені у спеціальній літературі.

Кодування інформації. При проектуванні абстрактних ЗВІ виникає проблема оптимального кодування інформації. Термін «кодування» запозичений: і теорії інформації і означає перетворення відомостей у сигнал, зручний для передавання по каналах зв'язку. Щодо діяльності оператора кодування визначає спосіб представлення інформації за допомогою умовних символів. Проблема оптимального кодування – це вирішення питань вибору категорій коду, довжини алфавіту сигналів, компонування кодового знака, можливості компонування сигналів у групи.

Категорія коду визначається засобами кодування інформації серед яких виділяють геометричні фігури, літери, цифри, колір, яскравість, розмір, орієнтацію, частоту мерехтіння тощо.

Вибір категорій коду залежить від характеру вирішуваного оператором завдання.

Певна категорій коду може бути ефективною для вирішення одних завдань і неефективною для інших. Експериментальні дані свідчать, що для інформаційного пошуку найбільш ефективною є категорія кольору, для визначення кількісних характеристик категорія числа, а для впізнання – умовний знак.

Визначення категорій коду залежить і від форми об'єкта. В багатьох випадках швидкість і точність розрізнення і впізнання об'єкта збільшувалися з підвищенням ступеня схожості зображення об'єкта з самим об'єктом. Не тільки наочність, а й конкретність (зв'язок форми сигналу зі значенням об'єкта) забезпечують продуктивне запам'ятовування і зберігання символів у пам'яті, є проблема наочності і абстрактності має вирішуватися залежно від конкретних умов діяльності оператора, специфіки завдань і можливостей кожної категорії коду. При цьому треба враховувати звички, стереотипи поведінки і асоціації певної групи людей, їхній життєвий і професійний досвід. Так, наприклад, яскравість і розмір символу асоціюються з розміром об'єкта і його значущістю.

Просторову орієнтацію символу краще використовувати для відображення напрямку руху. Для привертання уваги людини краще використовувати частоту мерехтіння сигналу, а для позначення виду і класу об'єкта кодування формою. Певні асоціації склалися у людини і у відношенні до певного кольору: червоний асоціюється з небезпекою, а зелений зі спокоєм, жовтий – з насторогою, блакитний – з вільним простором, Зрозуміло, що всі сигнали мають відповідати психофізіологічним можливостям людини-оператора (розділ 3).

Довжина алфавіту сигналів визначається кількістю можливих рівнів (станів) даної категорії коду з урахуванням збереження оптимальних умов

розрізнення і впізнання сигналів, а також можливостями оперативної пам'яті людини (табл., 16).

Довжина алфавіту збільшується завдяки використанню багатомірного кодування (наприклад, кольору, форми, розміру, просторової орієнтації). Слід зауважити, що застосування багатомірних кодів дещо знижує точність і швидкість Декодування, але суттєво підвищує швидкість переробки інформації людиною-оператором.

Таблиця 16

Довжини алфавіту за різних засобів кодування

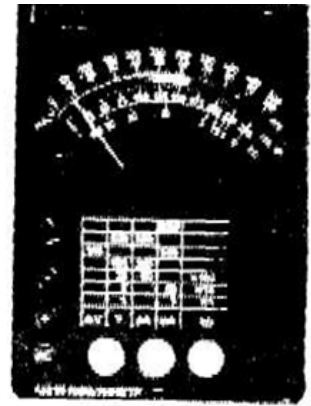
Засоби кодування	Довжина алфавіту
Форма символів:	необмежена
• літеро-цифрова	16
• абстрактна	200
• асоціативна	
Розмір символів	6
Кольоровий алфавіт	11
Орієнтація і довжина лінії	4
Кількість крапок	5
Просторова орієнтація символів	8
Яскравість, частота мерехтіння	4

Компонування кодового знака теж впливає на ефективність кодування. При конструюванні знака варто дотримуватися психічних вимог і рекомендацій, Передовсім знак повинен мати необхідні кутові розміри, оптимальну яскравість, контраст, тобто відповідати психофізіологічним характеристикам зорового аналізатора (підрозділ 3.1).

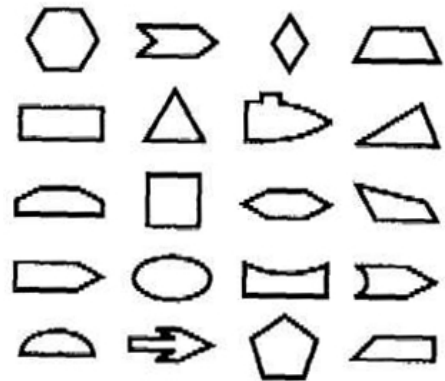
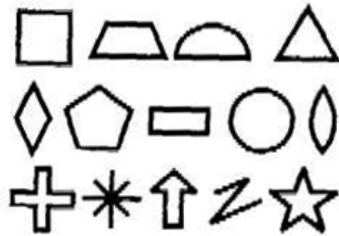
Знак формують основні та додаткові деталі, які не повинні викривляти його контур. Символи мають нагадувати об'єкт, що кодується, або яку-небудь його властивість. Як основні і допоміжні деталі символів слід використовувати наочно-образні та вербальні асоціації. Застосування багатомірного кодування (цифр, кольору, яскравості) суттєво розширює можливості кодів (рис. 24).

В конструюванні знаків перевага віддається застосуванню внутрішніх деталей, а не зовнішніх. Основними деталями знака є прості геометричні фігури, що мають замкнутий різкий контур (трикутник, хрест тощо). Їх надійне сприйняття

АБВГГДЕЕЖЗИИЙКЛМ
 ABCDEFGHIJKLMNO
 1234567890 1234567890



а



б

—	■	Т		ooo
●	▲	Т		iii
⊗	⋈	У	←	ooo
Ж	z	Х	↑	⊕



в

Рис. 24

Приклади кодування інформації:

а – спеціально розроблений шрифт; б – кодування додаткових ознак об'єкта; в – прості геометричні фігури;

можливе тоді, коли найбільша сторона контуру становить не менше ніж 17 кутових хвилин, а якщо є прості внутрішні деталі, то 20'.

Віддавати перевагу потрібно внутрішнім деталям, які менше заважають розрізненню контуру знака. Розмір найменшої додаткової деталі має бути не меншим ніж 4, або 1/5 від найбільшої, основної деталі знака. Додаткові деталі не варто позначати пунктирними лініями. Не рекомендується в одному алфавіті застосовувати символи, які розрізняються за ознакою «позитив-негатив», або дзеркальні зображення. У сучасних СЛМ оператор все частіше працює зі складними повідомленнями, що несуть інформацію про декілька характеристик об'єкта або про декілька об'єктів.

Одним із найпоширеніших способів передавання складних повідомлень є формулярний. Формуляром називається компактна таблиця різних ішаків, кожен з яких – це інформація про окремий параметр об'єкта. Для підвищення ефективності читання формуляра застосовують змішане кодування. Основні вимоги до проектування формуляра викладені в довідковій літературі.

Інженерно-психологічні вимоги до акустичних індикаторів. Хоча значна кількість інформації операторові надходить завдяки зоровим сигналам, подеколи значно доцільніше застосовувати акустичні сигнали, які можуть передаватись у формі звуків або в мовній формі і використовуються у таких

випадках:

- коли інформація проста, стисла і потребує негайної реакції;
- якщо застосування візуальної інформації неможливе за умовами роботи;
- при необхідності попередження оператора про надходження наступного сигналу;
- коли потрібен мовний зв'язок.

Звукові сигнали використовують для попередження оператора про небезпеку або про перехід системи в інший стан, для нагадування про використання певних дій чи для привертання уваги оператора.

Джерелом звукових сигналів можуть бути звукові генератори, гудки, сирени, свистки, дзвоники. Вони характеризуються;

- частотою; для аварійних сигналів – 800-5000 Гц, для попереджувальних – 200-800 Гц;
- рівнем звукового тиску в місці приймання: для аварійних сигналів – 90-100 дБ, для попереджувальних – 30-80 дБ;
- тривалістю окремих сигналів та інтервалів, яка має бути не менша ніж 0,2 с; тривалістю інтенсивних сигналів, котра не перевищувала б 10с;
- модуляцією сигналів, яку необхідно здійснювати на рахунок зміни амплітуди і частоти. Глибина амплітудної модуляції має дорівнювати 1296, а частотної – 3% по відношенню до основної частоти.

Рекомендації до проектування звукових пристроїв для сигналів небезпеки і попереджувальних сигналів наведені в таблиці 17.

Мовні сигнали мають деякі переваги над звуковими у випадках, якщо:

- повідомлення складне;
- недостатня можливість упізнання джерела повідомлень;
- оператор не володіє семантикою кодів, тобто не розуміє значення закодованих сигналів;
- потрібен швидкий обмін інформацією;
- повідомлення стосується майбутніх дій оператора, і потрібен час для його підготовки;
- існує значна напруженість у діяльності оператора, коли можуть бути порушені процеси декодування сигналу.

Рекомендації до проектування звукових пристроїв

Умови	Рекомендації
Відстань до оператора значна (300 м і більше)	Застосовувати високу інтенсивність звуку низьких частот (< 1000 Гц), оскільки повітряне середовище поглинає високі звуки
Звук повинен обминати перешкоди,	Використовувати низькі частоти (< 500 Гц)
Сильний довколишній шум	Обирати частоту сигналу, що якомога більше відрізняється від частоти шуму, при цьому звуковий тиск сигналу має перевищувати рівень шуму на 10... 16 дБ.
Привертання уваги оператора	Використовувати перервні сигнали або модулювати частоту сигналу з метою отримання «биття» сигналу
Реакція на сигнал попередження	Застосовувати прилади ручного вимикання сигналу

Останнім часом, у зв'язку зі значними досягненнями у побудові синтезаторів мови, мовні сигнали набувають широкого використання у СЛМ, Гак, наприклад, у системі управління енергостанцій застосування мовного обміну інформацією розвантажило зоровий канал оператора на 30%.

Основні вимоги до мовних сигналів, які формуються синтезатором, зумовлені психофізіологічними характеристиками процесу приймання інформації слухової модальності (підрозділ 3.1).

Зростання складності сучасних СЛМ, збільшуючи кількість контрольованих і керованих параметрів технічної системи, призводить до збільшення інформаційних ЗВІ, що відповідно, негативно впливає на ефективність діяльності оператора.

Для підвищення швидкості і точності сприйняття сигналів оператор використовує інтегральні та полісенсорні (полімодальні) ЗВІ.

Інтегральні засоби подання інформації – так звані контактні аналої і (рис. 25) – доцільно застосовувати у випадках, коли прийняття рішень, вимагає від оператора:

- одночасно оцінити параметри різного характеру або параметри, які

змінюються у часі;

- підсумувати великий обсяг однорідної інформації;
- порівняти суперечливі або взаємопов'язані дані різного ступеня важливості;
- орієнтовно оцінити наявні відомості кількісного характеру та ситуацією, що склалася і т. д.

В побудові полімодальних ЗВІ враховують не тільки особливості функціонування кожного аналізатора, а й їхні взаємовпливи у процесі приймання інформації. В обґрунтуванні вимог щодо інформаційної моделі також передбачають

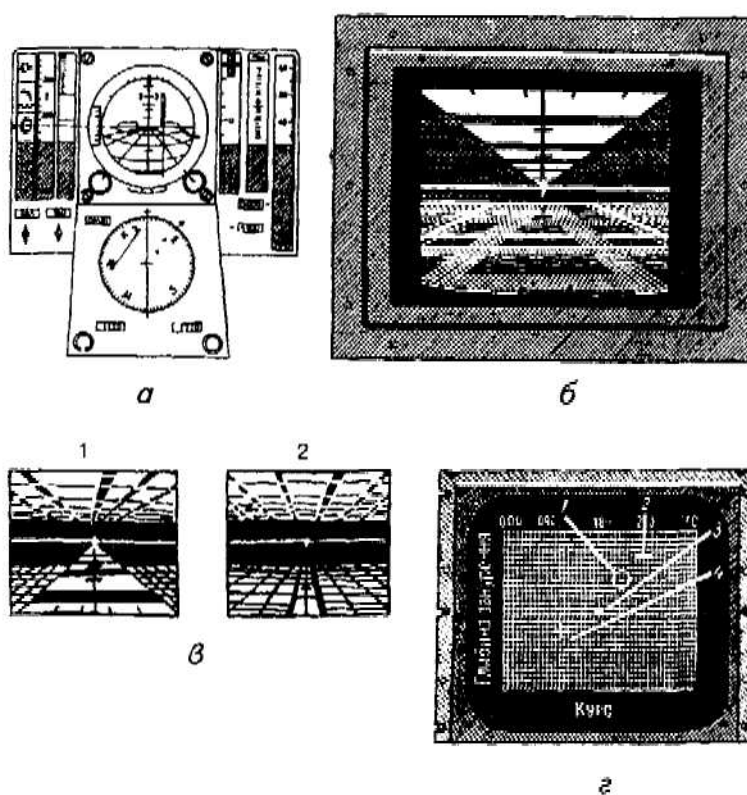


Рис 25

а – інтегральна приладова панель із вертикальними шкалами; б,г – екрани системи «Сквайр» для керування підводним човном; в – Зображення параметрів режиму польоту на екрані «Коналога»:

1 – картина польоту за заданими курсом і висотою;

2 – картина польоту за заданим курсом, але на висоті, що перевищує, задачу

можливості діяльності оператора за згорнутим алгоритмом з використанням детальної інформації за мінімальної кількості переключень

уваги на її виклик. Для забезпечення послідовності організації уваги оператора елементи інформаційної моделі мають розмішуватися відповідно найімовірнішій послідовності їх обслуговування. Домінуючий

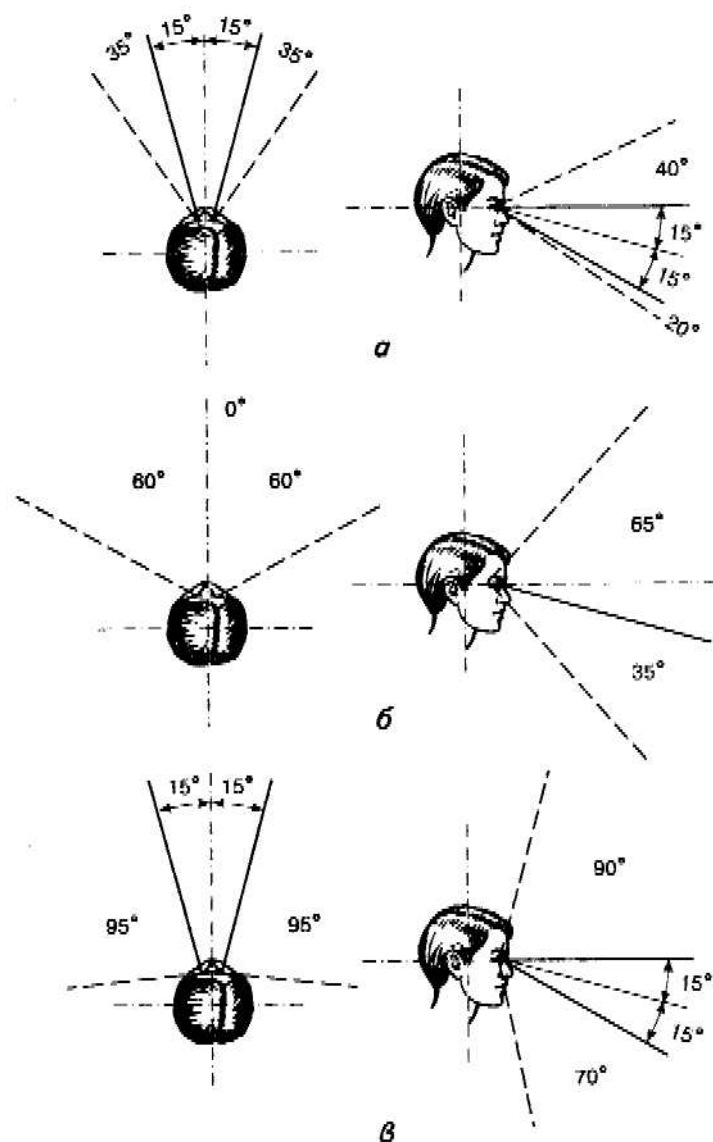


Рис. 26

Оптимальні та максимальні кути огляду:
 а – переводячи око; б – повертаючи голову;
 в – повертаючи голову та око

маршрут має зосереджуватися у зоні оптимального поля зору (рис. 26).

Інформаційна модель має давати змогу операторові прогнозувати характер розвитку ситуації і спостерігати як за поточними, так і за очікуваними результатами своїх дій. Модель має уможливлувати обробку інформації, а також способи її подання,

Організація потоків інформації передбачав як перевантаження, так і

недовантаження операторів.

Для зменшення перевантаження оператора потрібно:

- давати інформацію з необхідним випередженням до початку виконання;
- скоротити потік інформації до необхідного мінімуму, відділи і и інформацію, що надходить епізодично, і подати її за запитом;
- виділяти для прийняття рішення максимальний час у межах відведеного для розв'язання завдання.

Для цього інформаційні моделі повинні містити відомості про час, який має у своєму розпорядженні оператор для виконання алгоритму,

Щоб збільшити навантаження оператора, доцільно:

- скоротити до мінімуму час від запиту до відтворення інформації;
- забезпечити достатню інтенсивність потоку інформації;
- підвищити рівень «помітності» інформації (мерехтінням сигналів, яскравістю, гучністю);
- забезпечити достатню тривалість індикації до реалізації оператором своїх дій;
- надати операторові можливість зворотного контролю за своїми діями,

Для забезпечення найбільшої швидкості обробки інформації оператор повинен сам регулювати потік інформації, тобто не бути жорстко пов'язаним з технічними характеристиками засобів подання інформації.

Характеристики сигналів, що подаються операторові, мають забезпечувати необхідний рівень їх диференційованого сприймання. Для цього при кодуванні сигналів ураховують оперативні пороги сприймання, а кожний сигнал наділяють двома-чотирма ознаками, аби запобігати помилкам.

Для більш рівномірного завантаження аналізаторів оператора основна інформація має оптимально розподілятися між зоровим, слуховим та іншими аналізаторами.

Багатофункціональні, полімодальні, об'ємні засоби відображення інформації суттєво підвищують ефективність діяльності оператора, але все ж таки залишаються індивідуальними ЗВІ, що не вирішує проблему оптимального представлення інформації.

Останнім часом дуже поширеними є дослідження лі створення нових ЗВІ, які базуються на групових формах відображення інформації, що можуть змінюватися залежно від умов діяльності і психофізіологічних можливостей оператора. Це так звані адаптивні ЗВІ.

Процес адаптації здійснюється не тільки через зміну форм її представлення, а й за рахунок зміни її обсягу, темпу і ритму. Різновидами адаптивних ЗВІ є індикатори з передбаченням та розвиткові мнемосхем .

Спостерігається певна тенденція в розробці ЗВІ: від індивідуальних до групових, а потім до адаптивних і діалогових на базі сучасних Г.ОМ.

Таким чином, постає питання не тільки розробки інформаційних моделей об'єкта, а передусім інформаційного забезпечення процесу прийняття рішень оператором.

Побудова ЗВІ на основі загальних і часткових вимог до елементів індикації потребує вирішення конкретних завдань, серед яких;

- психологічний аналіз діяльності оператора, визначення його функцій і необхідної інформації;
- вибір або проектування певних ЗВІ;
- досягнення відповідності інтенсивності потоку інформації реальній працездатності оператора;
- розробка інженерно-психологічних вимог до ЗВІ;
- композиційне і кольорове вирішення системи відображення інформації;
- оцінка і порівняльний аналіз отриманих варіантів майбутньої системи відображення інформації.

Для вирішення цих завдань розроблено такі підходи, як структурно-психологічний, системно-лінгвістичний, графоаналітичний .

6.2. Проектування органів управління

За допомогою органів управління оператор СЛМ вирішує завдання введення командної інформації, встановлення необхідного режиму роботи, регулювання різних параметрів, запиту інформації для контролю тощо.

Типи органів управління, їх кількість і взаємне розташування визначаються характером рухів оператора, його функціями послідовності і важливості операцій, необхідною швидкістю і точністю роботи,

Проектування органів управління має забезпечити людині-оператору можливість швидкого знаходження конкретного органу управління та виконання з певною точністю і в певний час потрібних дій, При цьому слід ураховувати конструктивні і технічні обмеження (площа робочих приміщень, фактори зовнішнього середовища, технологічні особливості тощо).

Характер завдань, які вирішує оператор, вимагає розробки конкретних органів управління, що поділяються на певні групи:

- *а характером рухів*, здійснюваних людиною;

1) органи управління, які потребують виконання рухів вмикання, вимикання й перемикавання;

2) органи управління, що передбачають повторні рухи типу обертальних, натискувальних і ударних;

3) органи управління, які вимагають дозованих, точних рухів для налагодження апаратури і встановлення режимів роботи;

- *призначенням і характером використання* оператором органи управління є:

1) оперативні – для постійного використання;

2) допоміжні – для періодичного вмикання, вимикання і контролю;

3) епізодичні, пов'язані з регулюванням, налаштуванням, калібруванням апаратури, проведенням регламентних робіт



За *конструкційним виконанням* органи управління можемо поділити на підгрупи: кнопки, тумblersи, рукоятки, маховички, педалі тощо (рис. 27).

Швидке знаходження необхідного органу управління потребує їхнього розрізнення (візуально чи навіпомацки) яке залежить від:

- форми органів управління (на рис. 28 наведені захоплю-вальні частини ручок, кнопок тощо, які надійно розріз без зорового контролю);

- розміру органів управління, що забезпечує їх розрізнення навпомацки з точністю 99%;

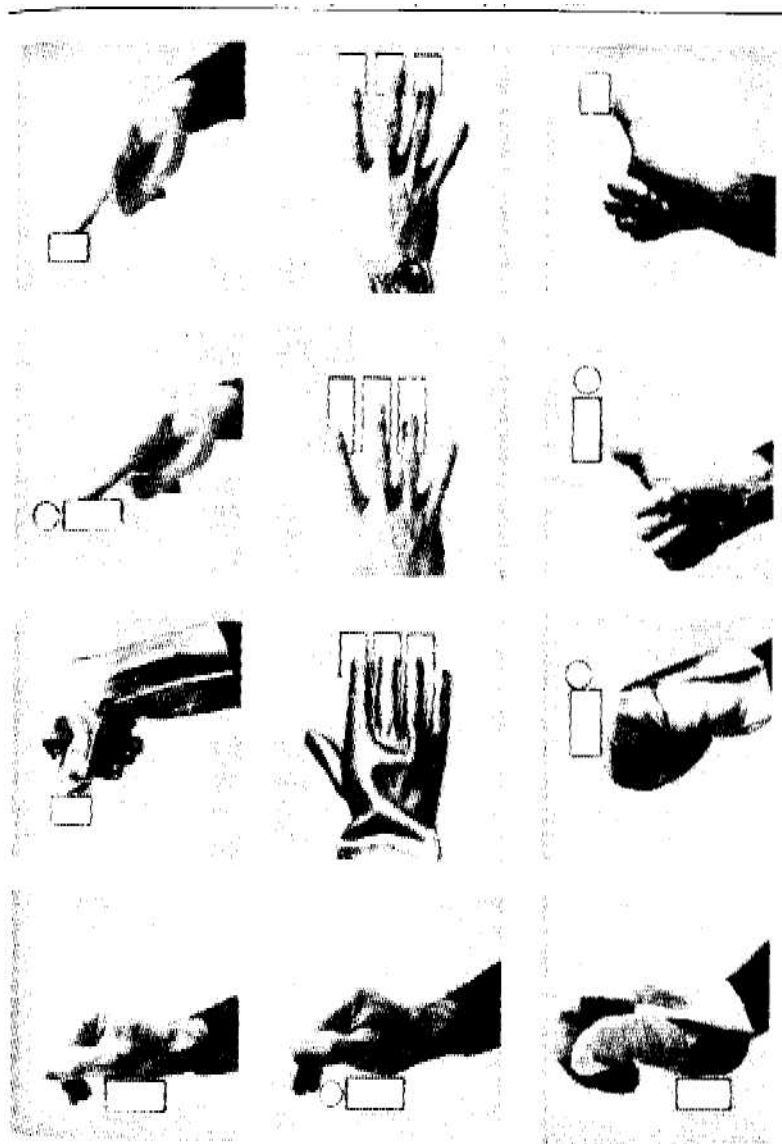


Рис. 27

Органи управління

а – конструкційні типи органів управління; б – приклади взаємодію руки з кнопками і клавішами

Форма	
Розмір, мм	
Колір	
Типові позначення	
Типове розміщення	

Рис. 28

Характеристики ручок органів управління

- кольору(при забезпеченні контрастності);
- графічних позначень стану, руху , призначення;
- розміщення органів управління в різних зонах досяжності з урахуванням принципу економії рухів.

Вибір органу здійснюється відповідно до конкретних умов його використання, До факторів, які впливають на вибір органу управління, належать температурні умови, наявність вібрації, прискорення, невагомості, спеціальний вид одягу, положення тіла, умови освітлення.

Органи управління можна поділити па дві великі групи.

Перша група призначена для одномоментних (періодичних або одноразових) впливів па систему або об'єкти управління, Друга група органів управління використовується для виконання операцій, пов'язаних з уведенням у систему сигналів, що розрізняються за своєю величиною або тривалістю, операцій спостереження та деяких інших безперервних впливів.

У всіх випадках, коли це можливі слід надавати перевагу органам управління, що ґрунтуються на дискретному принципі впливу на систему. Органи управління однаковими системами або об'єктами мають розміщуватися на пульті відповідно до реального розміщення них самих систем або об'єктів щодо його осі симетрії, враховуючи зони досяжності в моторному полі людини. Незалежно від використовуваного типу органів управління вони мають бути логічно згруповані, їхнє просторове розміщення повинно відповідати розміщенню пов'язаних із ними груп індикаторів або мнемосхем, а розташування органів управління всередині груп – розташуванню індикаторів на панелі інформації або мнемознаків на мнемосхемі, У тому разі, коли послідовність використання органів управління при виконанні різних операцій неоднакова, перевага, як правило, надається операціям введення системи и

дію, зокрема операціям пуску,

В конструкції органів управління враховуються раніше сформовані сепсомоторні навички – стереотипи. З метою використання позитивного перенесення павичок у конструкцію систем враховується вимога, відповідно до якої органи управління в одному й тому самому спрямуванні руху повинні давати той самий ефект.

Керування органами управління може здійснюватися руками або ногами людини.

Ручне управління має деякі переваги перед ножним тоді, коли необхідні висока точність і швидкість установа органу управління у певне положення і не потрібно прикладати для цього великі зусилля (9кг і більше).

Слід також зважати на те, що в більшості людей функціональнішою є права рука. Саме цією рукою виконуються Дії, які вимагають найбільшої точності або сили. Органи управління, які приводяться в рух руками, точніші, ніж ті, що приводяться в рух ногою.

Ножне управління застосовується для розвантаження рук Оператора, економії часу, при значній кількості органів управління, зниженій точності регулювання і при значних м'язових зусиллях.

Зусилля, необхідні для переміщення органів управління, мають відповідати можливостям людини-оператора з урахуванням умов діяльності.

Для введення інформації оператор використовує різні типи органів управління, кожен з яких призначений для виконання певних функцій.

Специфічність кожного типу органів управління зумовлює і специфічні (часткові) інженерно-психологічні

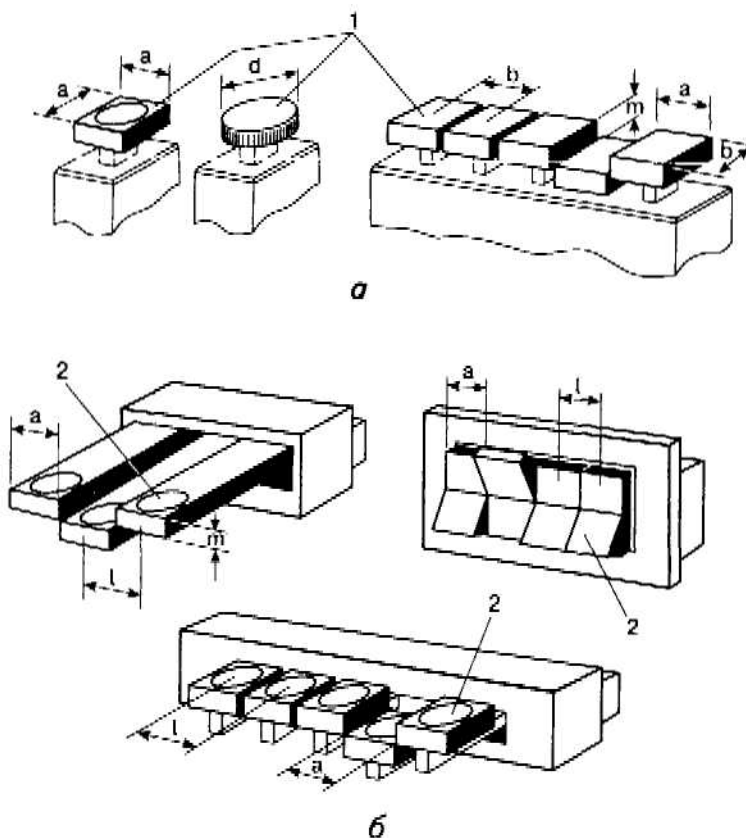


Рис. 29

Вимикачі й перемикачі:

о – кнопки; б – клавішні;

1 – привідний елемент кнопка; 2 – привідний елемент клавіша вимоги, і рекомендації до їх проектування та експлуатації.

клавішні і кнопкові вимикачі й перемикачі застосовують для введення логічної і цифрової інформації, команд управління, вибору необхідного параметра, операцій «вмикання-вимикання» (рис. 29).

Оптимальне розташування кнопок має бути на рівні ліктя сидячого оператора, щоб рука згиналася в ліктьовому суглобі на 90° , а передпліччя було в горизонтальній площині. При коротких і поодиноких натискуваннях на кнопку для підвищення швидкості реагування на сигнал кнопку розташовують над площиною стола, щоб кут між нею та кистю становив 30.45° ,

Робочий хід кнопки має становити при частому використанні – 2...6 мм; при поодинокому – 6мм; при натисканні великим пальцем – 3...12 мм. Основні характеристики кнопок наведені у таблиці 18 і на рис. 30,

Для використання особливо точних операцій регулювання і налаштування дозволяється збільшити діаметр привідного елемента у 2-4 рази відносно рекомендованого. При опорі переміщенню більш ніж 100 Н необхідно застосовувати привідні елементи типу маховиків і важелів.

Маховики і штурвали використовують для ступеневих перемикачів і плавного динамічного регулювання, що виконуються однією чи Двома руками. їх застосовують для виконання повільних і точних кругових обертів, які потребують значних зусиль.

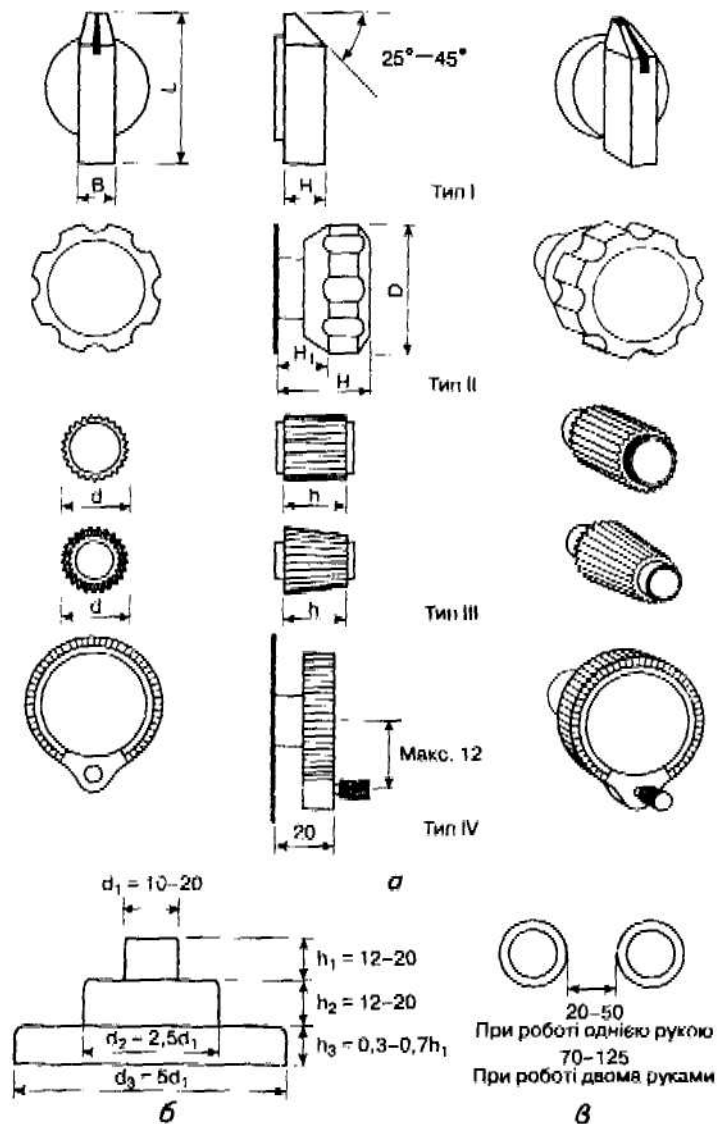


Рис. 32

Поворотні органи управління (зусилля і діаметр): а – типи привідних елементів, б – розміри перемикачів і регуляторів, розміщених на одній осі; п – відстань між сусідніми привідними елементами

Маховик – орган управління, що має форму колеса, зі спицями чи без них, діаметром не більше 50 мм.

Штурвал це різновид маховика або частина його – сектор, який використовується для зміни напрямку руху об'єкта. Рувальне колесо – це теж вид маховика, який використовується для зміни напрямку руху об'єкта (рис. 33, а).

Вісь обертів маховика і штурвала при управлінні двома руками не повинна бути віддалена від сагітальної площини більше ніж на 50 мм. Площина обертів маховика БЕЗ рукоятки при роботі однією рукою має знаходитися під кутом $\alpha \sim 10^\circ \dots 60^\circ$ відносно діючої руки (рис. 33, в), а при використанні рукоятки під кутом $\alpha = 10^\circ \dots 90^\circ$ – при обертанні кистю руки л передпліччям і $\alpha = 10^\circ \dots 45^\circ$ - при обертанні всією рукою

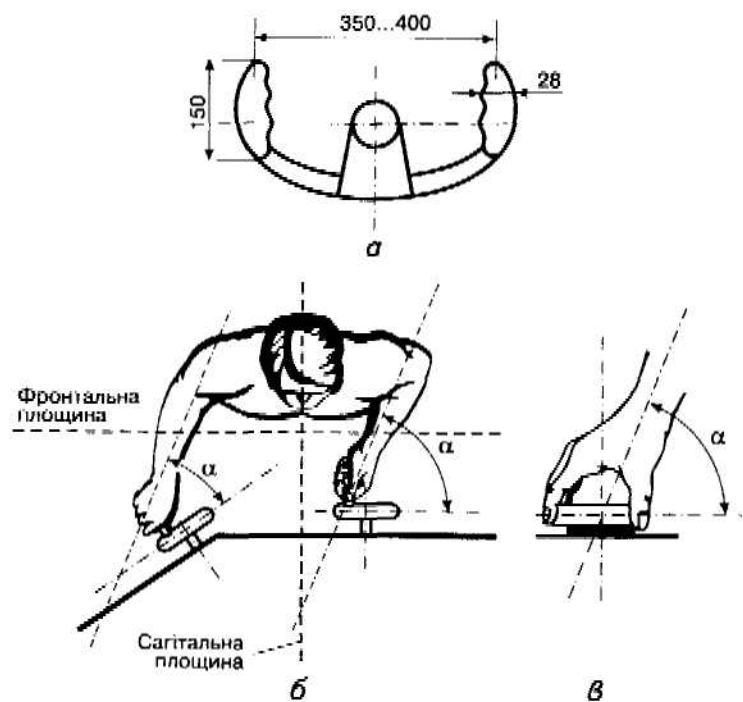


Рис. 33, б.

Розміри маховиків і штурвалів мають відповідати вимогам (табл. 19), а направленість обертів – напряму руху об'єкта. Розташування їх на панелі повинне бути таким, щоб рух руки оператора не перекривав графічні позначення.

Таблиця 19

Рекомендовані характеристики для проектування маховиків і штурвалів

Спосіб обертання	Колесо						Рукоятка	
	Діаметр найбільший, мм		Поперечний переріз, мм		Довжина, мм		Діаметр найбільший, мм	
	макс	оптим	макс	оптим.	макс.	оптим.	макс.	оптим.
Двома руками за колесо	140 - 1000	350-400	10-40	25-30	-	-	-	-
Однією рукою за колесо	50-140	75-80	10-25	15-25	-	-	-	-
Кистю за рукоятку	150-400	250-300	-	-	75-150	100-120	15-35	25-30
Пальцями за рукоятку	50-200	75-100			30-75	40-50	10-20	15-18

Для кодування призначення маховиків краще застосовувати такі коди, як форма, розмір, колір і розташування у моторному полі. Кінцеві і проміжні позиції маховика і штурвала необхідно спеціально зафіксувати.

Важелі застосовують для виконання ступеневих перемикачів та плавного динамічного регулювання однією чи двома руками при середніх і значних керуючих зусиллях. Розміщення важелів на робочому місці наведено на рис. 34.

Форма і розміри рукояток важелів мають забезпечувати їх надійні захоплення і утримання в процесі управління. Перевага надається рукояткам з овальними або циліндричними формами з рифленою поверхнею, без гострих кутів.

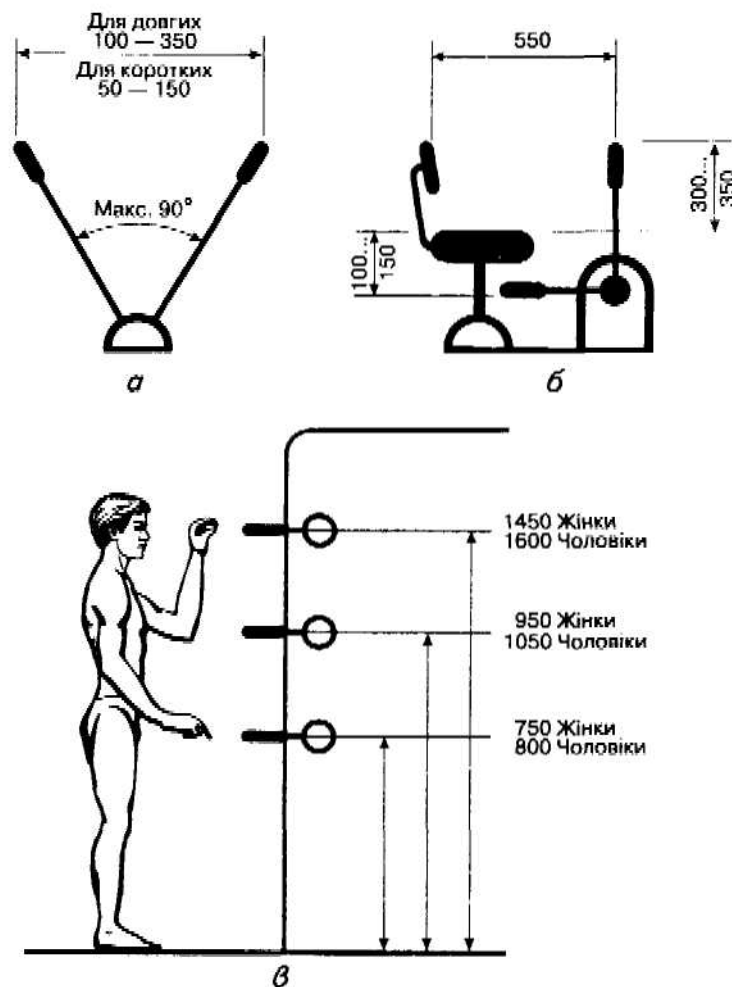


Рис. 34

Розміщення важільних органів управління
На робочому місці:

- а – рекомендований хід рукоятки важеля
- б – розміщення важеля відносно сидіння;
- а – висот розміщення важелів на різних рівнях
(із розрахунку на середній зріст чоловіка 172см і жінки 159см у віці 18-21 року)

При виконанні дискретного управління у конструкції важелів варто передбачити пружинну фіксацію проміжних і кінцевих положень. Направленість переміщення важеля управління має збігатися з направленістю змін у самому об'єкті і відповідному індикаторі. Інтервали між поряд розташованими рукоятками повинні бути не менші ніж 50мм за переміщення однією рукою, 100мм – за переміщення двома руками, 130мм у роботі її рукавицях і]50 мм – за відсутності візуального контролю.

Зусилля (H) оператора залежать від способу переміщення важеля і наведені у таблиці 20.

Таблиця 20

Залежність між зусиллями і способами переміщенням важеля

Спосіб	Частота використання	
	Більше 5 разів за зміну	Менше 5 разів за зміну
Переміщення		
Пальцями	10	30
Кистю	20	40
Кистю з передпліччям	30	60
Однією рукою	60	150
Двома руками	90	250

Важелі управління встановлюють у зоні досяжності з урахуванням вимог безпеки. технічної безпеки.

Ножні органи управління використовуються для виконання операцій «вмикання – вимикання» і регулювання стану об'єкта управління. Вони застосовуються у випадках: а) коли треба розвантажити руки оператора для виконання інших керуючих дій; б) якщо управління об'єктом вимагає значних зусиль і незначної точності. Такий тип органів управління переважно використовується для робочого положення оператора – «сидячи», Основні типи педалей наведені на рис. 35.

Ножні кнопки, на підміну від педалей, розраховані на натискання не всією ступнею, а тільки пальцями ніг. Але їхнє використання неефективне, тому їх потрібно дублювати іншими органами управління або замінити на

педалі. Робочі поверхні кнопок мають бути рифленими, а їхня конструкція передбачати можливість сенсорного контролю моменту натискання: тактильно або слухове відчуття клацання, світловий або звуковий сигнал.

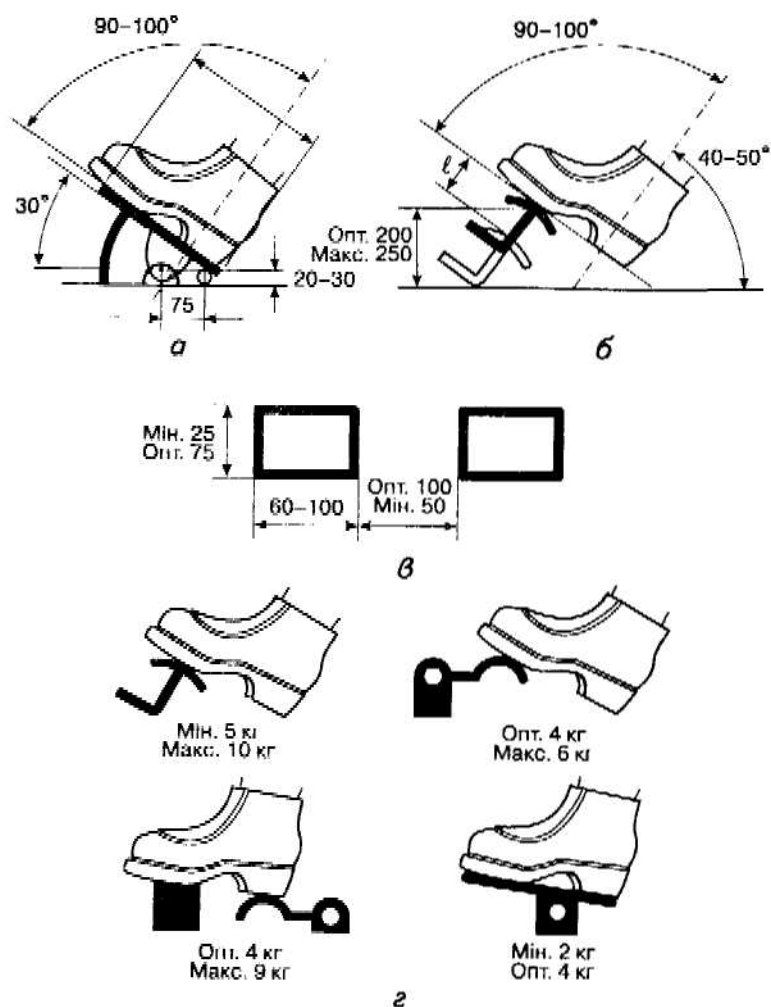


Рис 35

Ножні органи управління управління:

а - педалі з плавним регулюванням (зусилля 40—70 Н); Л – педалі і гальмівного типу (L, мм: мінімально - 15, оптимально 30, максимальна — 50); я – розміри педалей і відстань між ними; типи педалей та зусилля, що прикладаються

Діапазон необхідних зусиль для ножних кнопок – 20-90 Н, рекомендований розмір – 50-80мм, а глибина втоплення – 30-50мм. Ножні кнопки і педалі встановлюють у зоні оптимальної досяжності (рис. 36).

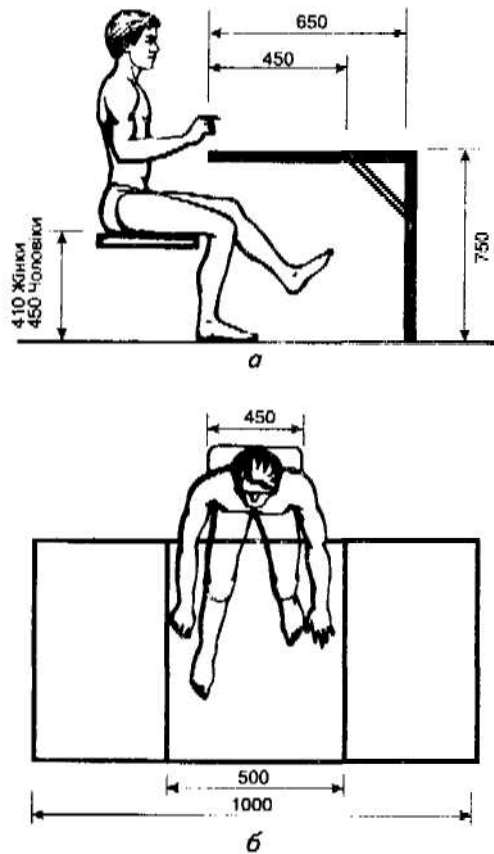


Рис. 36

Розміри простору для ніг, мм: а - вертикальний переріз; б – у план

6.2. Організація робочого місця оператора

Конструктивні властивості технічних засобів діяльності слід узгоджувати з можливостями людини з урахуванням виконання нею робочих операцій у нормальних чи аварійних умовах. Цього можна досягти, враховуючи:

- антропологічні, біомеханічні, психофізіологічні і психологічні властивості людини;
- санітарно - гігієнічні норми, вимоги і рекомендації;
- вимоги техніки безпеки;
- норми технічної естетики.

Специфіка робочих місць залежить від характеристик вирішуваних завдань і особливостей предметно - просторового оточення. Вона визначає:

- типи засобів управління виробничим процесом і особливості їхнього розміщення;
- типи засобів відображення інформації і органів управління, а також їх

взаємне розташування;

- робоче положення тіла;
- необхідність у спецодязі і засобах індивідуальною захисту;
- режим праці та відпочинку;
- забезпечення необхідного простору для ремонту і налагодження

обладнання;

- необхідність місця для спец оснащення , складування готової продукції.

Робочі місця можуть бути класифіковані за різними ознаками.

З-поміж основних функцій, які виконує людина в системі, розрізняють робочі місця; *оперативного управління, інформаційно-довідкові, оператора ЕОМ, функціонально-технологічного контролю, керування рухомим об'єктом , комбіновані.*

Щодо кількості одночасно працюючих операторів робочі місця с *Індивідуального і групового* використання.

За характером робочих операцій, які виконує людина, вони поділяються па *автоматизовані і механізовані.*

За ступенем спеціалізації робочі місця можуть бути *універсальними, спеціалізованими і спеціальними.*

Залежно від положення тіла оператора у просторі під час трудової діяльності виділяють робочі місця для виконання робіт *сидячи, стоячи, сидячи-стоячи і лежачи.*

Конструкція робочого місця має забезпечувати: можливість оператора швидко зайняти його, змінити положення тулуба і кінцівок, прийняти зручну позу для відпочинку; відсутність постійного контакту життєво важливих частин тіла з корпусом, механізмами та агрегатами об'єкта, можливість надання першої допомоги пораненим, їх евакуації, швидкого залишення об'єкта в аварійних ситуаціях.

Просторове компонування робочого місця, величина зусиль на органи управління, параметри кутів спостереження визначаються насамперед положенням тіла працюючого.

З точки зору біомеханіки положення тіла залежить від орієнтації його в просторі, а також від розмірів площі опори. Кожне з положень тіла характеризується певними умовами рівноваги, ступенем напруження м'язів, станом серцево-судинної і дихальної систем, розташуванням внутрішніх органів і, відповідно, витратами енергії,

Крім того, на вибір робочого положення впливають характер робочого навантаження та його значення, обсяг і темп робочих рухів, задана точність виконання операцій, особливості предметно-просторового оточення і площа функціональних приміщень.

Сам термін «робоча поза» позначає типове положення тіла у просторі при виконанні трудових операцій. Як правило, перевага надається положенню оператора «сидячи», оскільки це вимагає меншого напруження різних груп м'язів і сприяє успішному перебігу процесів сприймання і переробки інформації (рис. 37). Основою такого автоматизованого робочого місця управління с пульт

управління, який може мати різні форми (рис. 38).

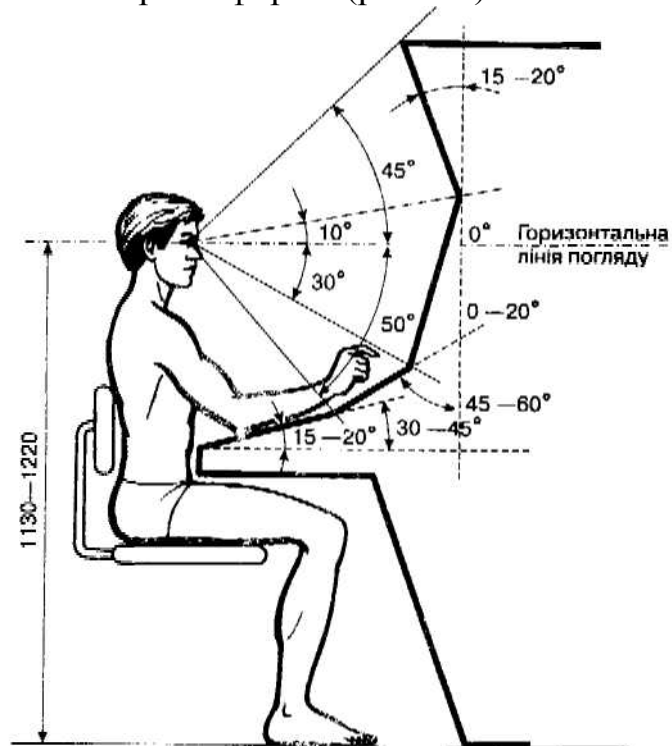


Рис 37

Фронтальна форма пульту (а) застосовується за можливості
Робоча поза «сидячи»

розташування всіх органів управління і засобів відображення інформації у відповідних зонах;

- ОУ – максимальної і допустимої зони досяжності;
- ЗВГ – в зонах центрального і периферійного поля зору.

Трапецієподібну (б) використовують тоді, коли не можливо ЗВІ і ОУ розташувати на пульті фронтальної форми. В цих випадках вони частково розміщуються на бокових панелях, які розгорнуті відносно фронтальної під кутом 90-120°.

Багатогранну (в) застосовують за значної кількості ЗВІ і ОУ, при цьому мінімальний радіус досяжності становить 600мм, а максимальний радіус спостереження за показниками приладів – 5000мм,

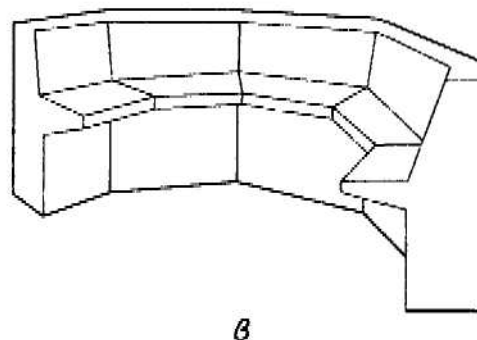
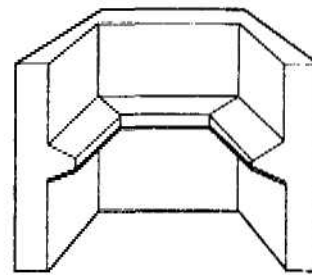
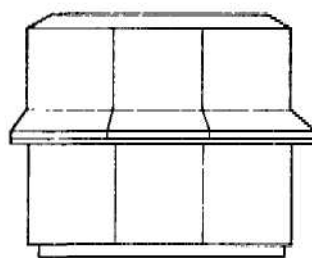
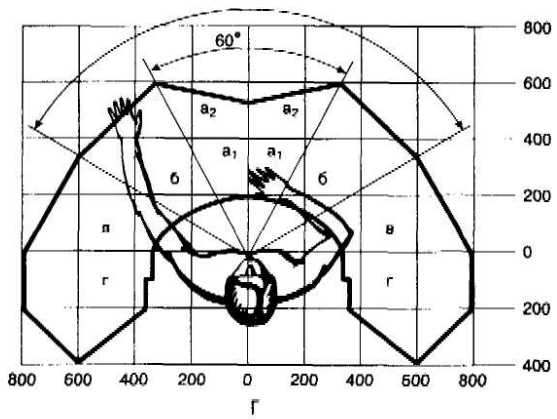
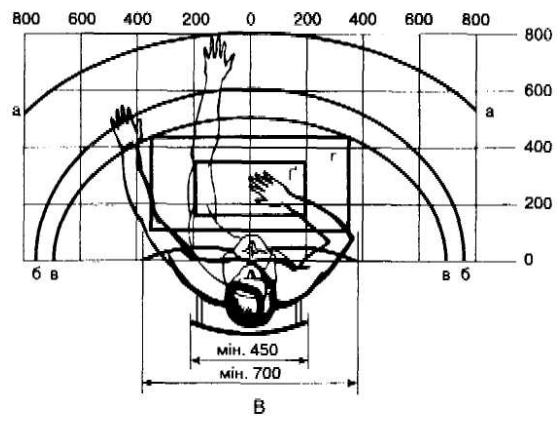


Рис. 38
 Форми пультів і панелей:
 а – фронтальна, б – трапецієподібна; в – багатогранна

Головною проблемою при проектуванні пультів управління є розташування ЗВІ і ОУ. На рис. 39 наведені необхідні зони для їхнього розміщення у положенні «сидячи» і «стоячи».

Підвищення точності і швидкості дій операторів передбачає розташування ЗВІ і ОУ з дотриманням принципів (рис. 40) функціональної відповідності, об'єднання, поєднання стимулу і реакції, послідовності дій, важливості і частоти використання.

Принцип функціональної відповідності (рис. 40, а) є актуальним, коли підсистеми СЛМ незалежні, автономні або дуже слабо пов'язані між собою. Згідно з цим принципом кожна підсистема СЛМ має свою блок-панель на пульті

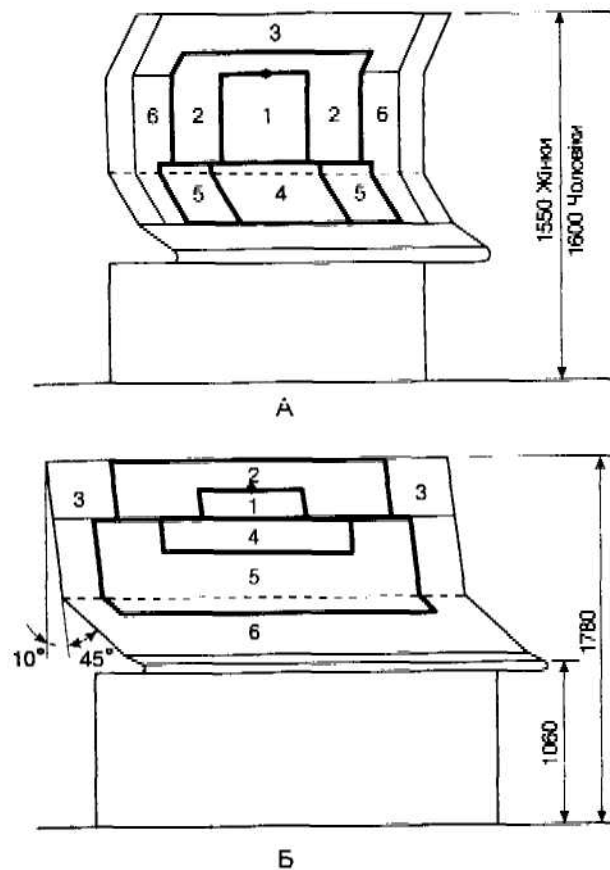


Рис. 39

Зони розміщення ЯВІ й органів управління на панелях пульта: А при роботі «сидячи», Б при роботі «стоячи»; В – зони досяжності рук людини В горизонтальній площині (в положенні «сидячи»): а – зона максимальної досяжності; б – зона досяжності пальців при простягнутій руці; в – зона зручної досяжності долоні; г – оптимальний простір для простої ручної роботи; г – оптимальний простір для тонкої ручної роботи; Г – зони розміщення індикаторів і органів управління в горизонтальній площині (а положенні «сидячи»): а, – для найважливіших і часто використовуваних органів управління і засобів відображення інформації; а₁ для найважливіших індикаторів; б – для нечасто

використовуваних органів управління і засобів відображення інформації; п – для нечасто використовуваних органів управління; г – для допоміжних органів управління поза межами досяжності і огляду із висхідної робочої пози

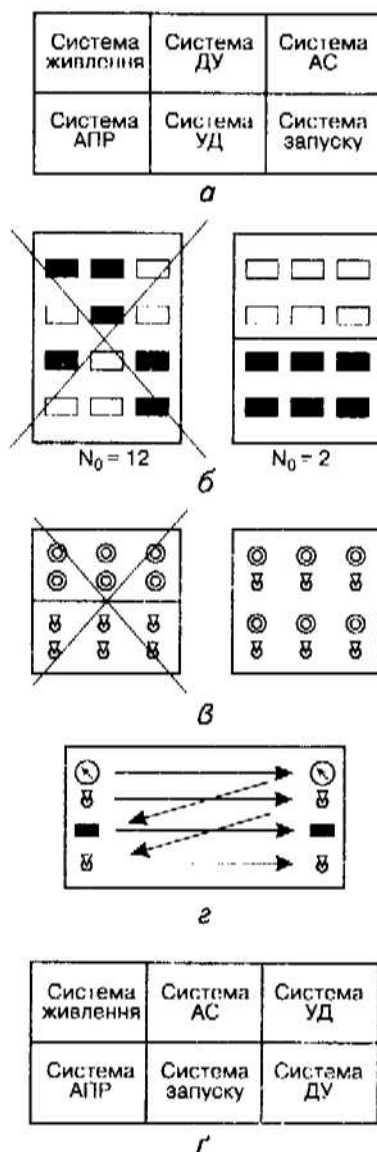


Рис 40

Принципи розташування ЗВІ й органів управління. Загальна оптимізація компонування пульта залежатиме від оптимізації кожної блок-панелі, для компонування якої можна послуговуватися іншими принципами розташування ЗНІ і ОУ

Принцип об'єднання (рис, 40, б) вимагає застосування значної кількості однотипних елементів контролю і управління, які набувають одного й того самого стану (положення) протягом певного часу і які поєднані в одну групу. Використання цього принципу сприяє значному зменшенню кількості інформації, що надходить до людини-оператора.

Принцип поєднання стимулу і реакції (рис. 40, в) просторово узагальнює

елементи управління та індикації. Застосування цього принципу суттєво зменшує кількість варіантів вибору органу управління і відповідно інформаційне навантаження на оператора.

Принцип послідовності дій (рис. 40,) вимагає такого розташування елементів управління на пульті, яке б відповідало алгоритму діяльності оператора. При цьому необхідно враховувати стереотипи, які склалися в певного контингенту операторів (наприклад, для слов'янських народів – це стереотип читання текстів зліва направо, а для арабів чи японців – навпаки).

Принцип важливості і частоти використання (рис. 40, г) передбачає розміщення найважливіших індикаторів та органів управління, що найчастіше використовуються, в оптимальних робочих зонах. Цим забезпечується ефективна робота оператора за рахунок зниження його втомлюваності.

Розглянуті принципи розташування ЗВІ і ОУ можуть вступати у протиріччя між собою, тому в кожному конкретному випадку проектування пульта управління потрібно насамперед звертати увагу на особливості функціонування СЛМ.

Робоче сидіння є елементом робочого місця, яке забезпечує підтримку робочої пози оператора у положенні «сидячи».

Обираючи тип робочого сидіння, варто враховувати специфіку роботи, обсяг робочого простору, особливості інших елементів робочого місця, можливість зміни робочого положення, характер рухів різних частин тіла, наявність вібрації, умови безпеки.

Робочі сидіння повинні забезпечувати:

- підтримку такого положення тіла у просторі, за якого навантаження на м'язи буде мінімальним;
- умови для зміни робочої пози з метою зняття статичної напруги м'язів спини;
- нормальне функціонування організму людини;
- зручність розміщення у кріслі і вставання з нього;
- вільне переміщення тулуба і кінцівок тіла у процесі роботи;
- повільне або ступеневе регулювання параметрів, з кроком для лінійних параметрів – 10мм, а для кутових – Г.

Робочі стільці та крісла розраховані на довготривале використання, і тому до їхньої конструкції належать сидіння, спинка, підтримувальні конструкції, підлокітник і підголівник (для крісел), підставка для ніг.

Робочі крісла для транспортних засобів мають: високу спинку для забезпечення необхідної опори тіла в роботі з педалями; значний кут її нахилу (95'... 135") з обов'язковим його регулюванням; ширше сидіння (450...800 мм); регулювання висоти сидіння, передньо – заднього його переміщення, антивібраційне обладнання. Основні параметри крісла оператора наведені на рис. 41.

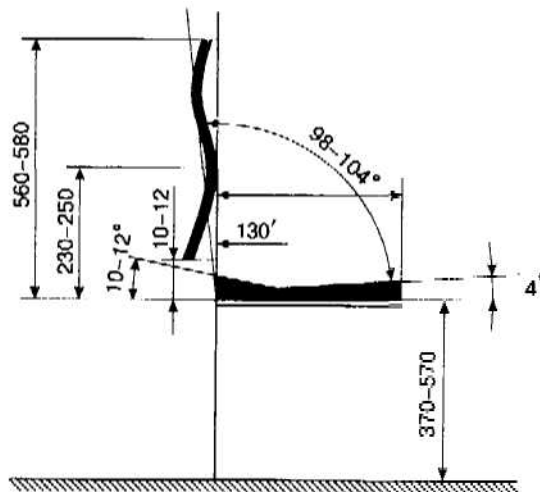


Рис 41

Розріз і розміри робочого крісла оператора

У проектуванні робочих місць, розрахованих на робочу позу «сидячи-стоячи» або «стоячи», необхідно враховувати і відповідні антропометричні і психофізіологічні характеристики оператора. Розміщення панелей управління для роботи оператора, їхній нахил суттєво відрізняються під цих самих характеристик робочої пози «сидячи» (рис. 42).

Положення «стоячи» більше відповідає природному положенню тіла людини у просторі, хоча площа опори значно менша. В цьому положенні людина має сприятливі умови для візуального огляду, переміщення тіла у просторі, виконання перцептивно-моторних рухів. Але тривале перебування в цій позі викликає підвищення тиску в судинах нижніх кінцівок, що призводить до розпитку різних патологічних захворювань.

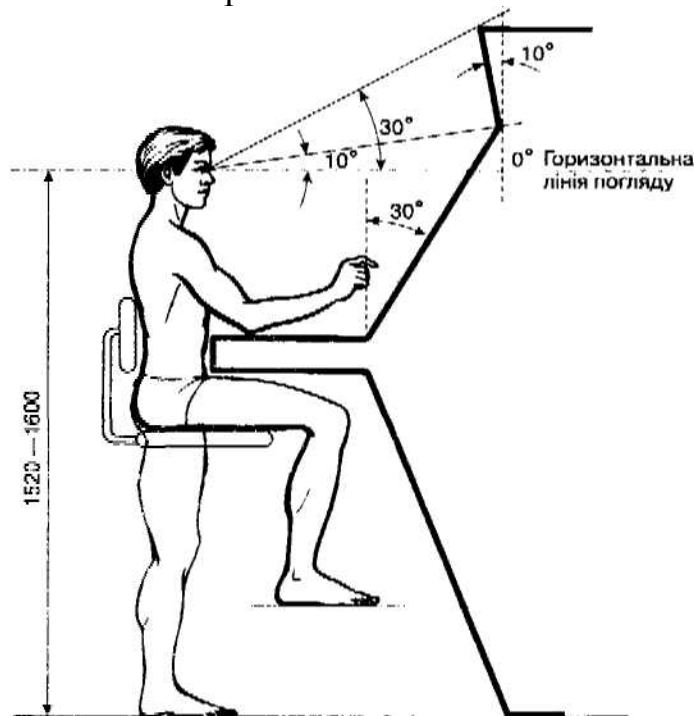


Рис. 42

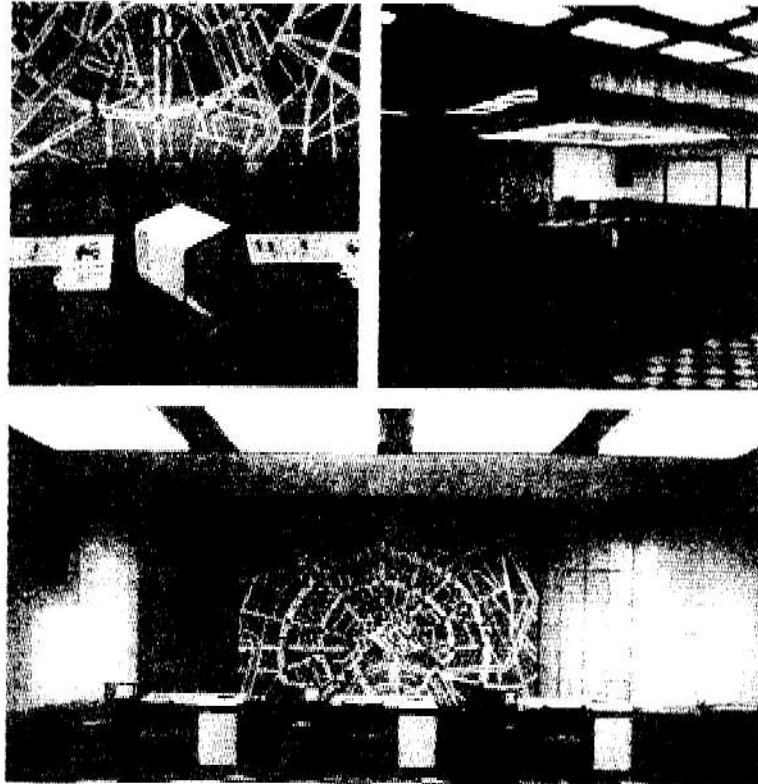
Розміри робочого місця у положенні «сидячи-стоячи»

Ось чому в роботі у положенні «стоячи» треба уникати фіксованих поз і робити короткі перерий для відпочинку в положенні «сидячи». Різні варіанти робочих місць наведені на рис. 43.



6.3. Фактори виробничого середовища

Проектування виробничого середовища базується на знанні фізичних, фізіологічних і психологічних механізмів впливу факторів цього середовища на організм і діяльність оператора. Врахування цих факторів дає можливість створити нормальні умови праці, підтримувати працездатність оператора та ефективність його діяльності.



б

Рис 43

Приклади організації робочих місць оператора (а, б)

Умовно елементи виробничого середовища складаються з чотирьох груп факторів:

- *психофізіологічних* до яких належать фізичні навантаження, нервово-психічне напруження, елементи робочою місця (робоча поза, засоби відображення інформації, органи управління тощо), котрі належать від умов праці;

- *соціально-психологічних*, які породжуються соціально-економічними відносинами в суспільстві, на виробництві, міжособистісними стосунками і створюють психологічний клімат;

- *естетичних*, що зумовлюють естетичне відношення до процесу виробництва і самої праці;

- *санітарно-гігієнічних*, які характеризують зовнішнє середовище і впливають на і ї рах. їзда шість людини.

Для раціонального врахування цих факторів у розробці СЛМ суттєво значення має їхня класифікація (табл. 21). Зовнішнє середовище робочого місця оператора визначається дією двох груп факторів – *фізичних* і *хімічних*,

У проектуванні СЛМ слід враховувати і нормувати всі групи факторів, оскільки в певних умовах вони можуть викликати функціональні відхилення в організмі людини і як наслідок – негативно вплинути на її здоров'я та ефективність діяльності,

У нормуванні впливу факторів виробничого середовища виділяють чотири рівні:

- *оптимальний* рівень роботи людини за довготривалої дії факторів;
- *експлуатаційний*, розрахований на певний час перебування людини в даних умовах (зміна, чергування тощо);
- *гранично допустимий*, коли людина короткочасно, епізодично перебуває в певних умовах і коли допускається певне зниження її працездатності;
- *гранично витримуваний*, при якому забезпечується життєдіяльність людини за мінімальної працездатності. Цей рівень характеризує аварійні ситуації.

Способи захисту оператора від негативного впливу факторів залежно від конкретної ситуації можуть бути активними або пасивними. Активний захист пов'язаний з

Таблиця 21

Фактори зовнішнього середовища

Статичні поля	Випромінювання	Мікроклімат	Механічні домішки	Шум	Вібрація	Прискорення		
Електричні Магнітні	Іонізація	Температура	Ступінь іонізації	Інфразвук < 16 Гц	Загальна	Радіальне	Вміст кисню O ₂	Виробничі
	Ультрафіолетове	Вологість	Запиленість	Звук 16...20000 Гц	Місцева	Лінійне	Вміст вуглекислоти CO ₂	Продукти згорання
	Інфрачервоне	Швидкість руху повітря	Перепад тиску	Ультразвук > 20000 Гц		Сила тяжіння		Виділення з синтетичних матеріалів
	Радіочастотне							
	Світлове							

ліквідацією негативно діючих факторів. Якщо це неможливо, то розробляються заходи, котрі запобігали б діям цих факторів. Це – використання і експлуатації різних технічних засобів, пристроїв, агрегатів і т.п. (шуми, вібрація, випромінювання, токсичні домішки тощо),

Для раціонального врахування цих факторів у розробці СЛМ суттєво значення має їхня класифікація (табл. 21). Зовнішнє середовище робочого місця оператора визначається дією двох груп факторів – *фізичних* і *хімічних*,

У проектуванні СЛМ слід враховувати і нормувати всі групи факторів, оскільки в певних умовах вони можуть викликати функціональні відхилення в організмі людини і як наслідок – негативно вплинути на її здоров'я та ефективність діяльності,

У нормуванні впливу факторів виробничого середовища виділяють чотири рівні:

- *оптимальний* рівень роботи людини за довготривалої дії факторів;
- *експлуатаційний*, розрахований на певний час перебування людини в даних умовах (зміна, чергування тощо);
- *гранично допустимий*, коли людина короткочасно, епізодично перебуває в певних умовах і коли допускається певне зниження її працездатності;
- *гранично витримуваний*, при якому забезпечується життєдіяльність людини за мінімальної працездатності. Цей рівень характеризує аварійні ситуації.

Способи захисту оператора від негативного впливу факторів залежно від конкретної ситуації можуть бути активними або пасивними. Активний захист пов'язаний з

методи пасивного захисту, які можуть бути спрямовані на захист певних приміщень або кожної людини чи можуть поєднувати групові та індивідуальні форми захисту.

Фактори виробничого середовища можуть нити пати на стан і ефективність діяльності оператора не тільки безпосередньо, а і опосередковано. Наприклад, шум може впливати на сприймання мовленнєвих повідомлень і в цей самий час знижувати швидкість сенсорних реакцій, координацію рухів, концентрацію уваги, «провокувати» виникнення негативних емоцій (роздратування).

Найповніший перелік нормованих факторів зовнішнього середовища й конкретні значення норм містяться у санітарно-гігієнічних вимогах і документах, Зараз діють понад 40 держстандартів інженерно-психологічного і ергономічного спрямування. Створюючи певний мікроклімат у робочих приміщеннях, необхідно враховувати, що джерелом тепла, крім обладнання, є також люди. При важкій фізичній роботі людина виділяє: 300 ккал за годину, більше ніж 2000 ккал за зміну.

Цікавим є той факт, що людський організм виділяє 22 ккал на одиницю ваги за добу, а Сонце – всього 4,4 ккал. Для свого теплообміну людський організм використовує фізичні властивості самою середовища: конвенція – 30 %, випромінювання 45 % і випаровування - 25 %. Але це співвідношення у теплорегуляції залежить від вологості і швидкості переміщення повітря. Так, вологе холодне повітря є більш теплопровідним, ніж сухе, і тому сприяє інтенсивнішій віддачі тепла. За підвищеної температури і вологості повітря (80...90 %) утруднюється потовиділення, що суттєво порушує терморегуляцію і, відповідно, знижує працездатність. Підвищення температури негативно впливає на психологічні функції людини, зокрема зменшується обсяг оперативної пам'яті і погіршується здатність до побудови асоціацій, виконання розрахункових

операцій.

Встановлено, що температура повітря має бути 18-23° для робіт, які не потребують фізичних зусиль, 10-16 при фізичних зусиллях 18-9° - якщо в приміщенні є інфрачервоне випромінювання. Вологість повітря не може бути нижчою ніж 30 % і вищою 50-60 %. Швидкість переміщення повітря у теплий період повинна бути – 0,1-0,5 м/с, а в холодний – 0,1 -0,3 м/с.

Результати роботи оператора значною мірою залежать від освітлення робочих місць, Освітлення робочих приміщень слід забезпечувати відповідно до встановлених норм і вимог.

За відсутності необхідних вимог освітлюваність має дорівнювати:

- робочі приміщення, де використовуються ЕОМ і обладнання конторського типу, 1000-500 лк;
- робочі приміщення, де встановлене вимірювальне обладнання, прилади для спостереження за процесами, 500 300 лк;
- приміщення, де здійснюють ремонтні роботи:

—загальні – 500 300 лк;

—для приладів 2000-1000 лк;

—для виконання запису – 700-500 лк.

Крім освітлення, мають значення колір стін, спектральний склад самого світла, а також вид контрасту пред'явлення інформації, що використовується, Від кольорового рішення інформаційної панелі також залежить надійність приймання інформації оператором.

На ефективність роботи оператора впливає і рівень шуму. Вплив шумів призводить до збільшення кількості помилок і до зниження продуктивності вирішення творчих завдань, швидкості й точності сенсомоторних процесів. Крім цього, шум може суттєво впливати на емоційну сферу оператора, спричиняючи виникнення таких негативних емоцій, як роздратованість, невдоволення. Особливо небезпечні високочастотні й переривчасті шуми.

Залежно від характеру шумів і їхнього впливу на організм оператора розроблені норми звукового тиску. Доведено, що шум понад 95 дБ знижує ефективність праці на 25 %. Якщо дія шуму інтенсивністю 120 дБ триватиме одну годину, то після цього необхідно п'ять годин відпочинку, щоб повернулася нормальна гострота слуху. Шум може викликати певні професійні захворювання, Основними засобами боротьби з шумом є ізоляція джерела шумів, застосування засобів індивідуального захисту, раціональне планування приміщень, використання шумопоглинальних матеріалів і покриттів.

Серед механічних факторів виробничою середовища основним вважається вібрація. При вібраціях знижується гострота зору, порушується константність як властивість сприймання, відбуваються навіть загальні розлади життєдіяльності людини (нервові розлади, атрофія м'язів кінцівок, головний біль). Найшкідливішою є вібрація з частотою 6-8 Гц, оскільки в цьому діапазоні знаходиться власна частота тіла людини.

Серед основних заходів зменшення дії вібрації – застосування

віброзагашувальних матеріалів і пристроїв, дистанційного управління, спеціальних конструктивних рішень.

Останнім часом до факторів, що негативно впливають на здоров'я операторів, дедалі частіше відносять електромагнітні поля (ЕМП) високих частот. Експериментальні дані свідчать: характер впливу ПМП залежить від типу нервової системи. Наприклад, для людей із сильним тином нервової системи цей вплив буде меншим, ніж для слабого типу нервової системи [1381]. Максимально можливими рівнями ЕМП вважаються:

- для СВЧ-діапазону – 10 мкВт/см^2 ;
- до 300 МГц: електрична складова – 5 н/м, магнітна складова – 5 а/м.

Ці рівні можливі за безперервної роботи людини протягом усього робочого дня, а якщо вони вищі, то потрібно скорочувати час роботи людини. Так, наприклад, зі збільшенням інтенсивності СВЧ з 10 до 100 мкВт/см² дозволено працювати не більше двох годин на добу. Для запобігання впливу ПМП використовують екрани, шити, сітки, спеціальні камери, а також засоби індивідуального захисту.

На життєдіяльність людини впливає склад повітря, нормальними вважаються умови, коли частка кисню становить 19-20 %, а вуглекислого газу – близько 1 %. Зниження вмісту кисню до 16 % і менше та збільшення частки вугле кислого газу до 3 % і більше можуть призвести до дуже поганих наслідків.

У повітрі виробничих приміщень містяться різних розмірів і походження частки органічного і неорганічного пилу, а також інші токсичні домішки, з яких найбільш шкідливим і окис вуглецю. Для зменшення впливу токсичних домішок застосовують захисні плівки на поверхні рідини, герметизацію і кондиціонування приміщень, індивідуальні засоби захисту.

При проектуванні технологічних процесів, за здійснення яких виділяються дуже небезпечні токсичні домішки, необхідно закладати дистанційне управління; зони і місця виділення токсичних домішок слід обладнати спеціальними укрітнями з відбором повітря;

із даних зон належить постійно отримувати інформацію про стан зовнішнього середовища.

Контрольні запитання

1. Назвіть інженерно-психологічні вимоги до проектування засобів відображення інформації і до проектування органів управління,
2. Як здійснюють кодування зорано інформації?
3. Яка структура процесу приймання інформації оператором
4. Проаналізуйте підходи до побудови систем введення інформації.
5. Які принципи спільного розташування індикаторів і органів управління?
6. Окресліть інженерно-психологічні проблеми організації робочих місць операторів.

7. Висвітліть психологічне значення факторів виробничого середовища.

Теми рефератів

1. Психологічні засади побудови систем відображення інформації,
2. Психологічні особливості введення інформації у СЛМ.
3. Принципи побудови пультів управління.
4. Інженерно-психологічні вимоги до організації робочих місць операторів.
5. Особливості впливу факторів зовнішнього середовища на ефективність діяльності операторів.
6. Організація операторських і диспетчерських пунктів АСУ.

Лекція 7 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ «ЛЮДИНА – МАШИНА»

7.1. Основні підходи

Упродовж усього історичного періоду розвитку ріпних за складністю технічних систем були зафіксовані різні підходи до їхнього проектування, виробництва і експлуатації (схема 11).

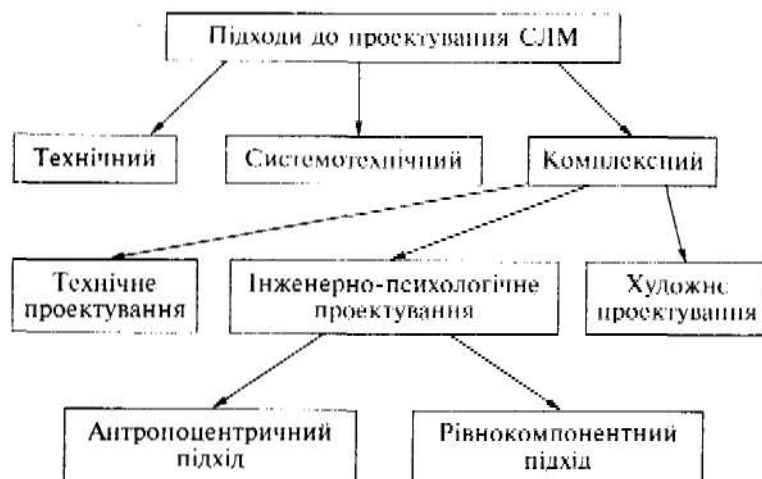


Схема 11

На перших етапах створення простих технічних систем панував «традиційний *технічний підхід*, який урахував окремі властивості людини, зокрема антропометричні та біомеханічні характеристики. Це був період розробки

окремих технічних пристроїв, знарядь праці.

Наступний – етап *системотехнічного проектування* – характеризується поєднанням окремих пристроїв у цілісну систему з урахуванням особливостей їхньої взаємозв'язку. За цього підходу людина розглядалася як один із зовнішніх факторів, що впливає на роботу технічної системи, а сам процес проектування зводився до проектування елементів зв'язку людини і машини. Розроблялися певні засоби відображення інформації і органи управління, які мали б відповідати психофізіологічним можливостям людини. Тому з точки зору психології цей підхід суттєво не відрізняється від технічного підходу. З розвитком та ускладненням техніки зростає значення людського фактора на виробництві. Функціонування технічних пристроїв і пов'язана з ними діяльність людини вже розглядалися у взаємозв'язку, що викликало появу поняття системи «людина-машина». На зміну системотехнічному підходу прийшов *комплексний підхід*, що розглядав людину як найважливіший компонент системи, котрий визначає специфіку її функціонування. Проектування системи при комплексному підході складається з трьох основних частин:

- технічного проектування технічної частини системи;
- художнього проектування естетичного вигляду системи;
- інженерно-психологічного проектування (ІПП), що пов'язане зі включенням людини до системи: створення проекту діяльності людини і «узгодження» його з технічною частиною системи.

Залежно від значення і ролі проекту діяльності людини-оператора в загальному проекті СЛМ існують два підходи до інженерно-психологічного проектування, які умовно були названі рівнокомпонентним і антропоцентричним.

У межах *рівнокомпонентного підходу* людина і техніка розглядаються як рівні компоненти СЛМ, проектування яких здійснюється паралельно, одночасно, а інколи технічна система проектується раніше. Пізніше відбувається погодження цих окремих частин. Слід зауважити, що цей підхід досліджує людину-оператора за схемами, принципами і методами, розробленими для опису технічних систем, Реалізація рівнокомпонентного підходу привела до спрощення реальної діяльності людини, до формування принципу симпліфікації при узгодженні технічних систем з функціями людини-оператора. З розвитком інженерно –психологічних досліджень дедалі більше визначались односторонність і обмеженість рівнокомпонентного підходу, частіше виникала необхідність розробки нового підходу до аналізу СЛМ, коли оператора потрібно розглядати як людину з притаманними їй психологічними якостями, властивостями, життєвим і професійним досвідом.

Антропоцентричний підхід розглядає відношення людини і машини в системах управління як відношення «суб'єкта праці і знарядь праці», Основним положенням цього підходу проектування діяльності людини і її функцій, а технічні засоби проектуються як такі, що забезпечують цю діяльність. Проект діяльності є основою вирішення всіх інших завдань проектування СЛМ, починаючи від розподілу функцій і закінчуючи вибором

органу управління. Технічні засоби СЛМ розглядають як засоби, необхідні для здійснення цілеспрямованої діяльності оператора. І хоча цей підхід вважається більш прогресивним і гуманним, але він ще формулюється у загальному вигляді, а адекватні йому методи ще недостатньо розроблені, Це – майбутнє інженерної психології і, відповідно, розвитку технічних систем.

Кінцевою метою інженерно-психологічною проектування є забезпечення належної ефективності функціонування СЛМ і здоров'я людей завдяки оптимальному врахуванню можливостей людини і техніки вже на стадіях проектування цих систем, Самі стадії відображають особливості циклів проектування, які, своєю чергою, пов'язані з комплексом певних задач,

Етани і відповідні задачі ІПП можна згрупувати таким чином:

1. Аналіз характеристик об'єкта управління:

- аналіз статичних характеристик;
- аналіз динамічних характеристик;
- визначення завдань і цілей системи;
- визначення умов експлуатації.

2. Розподіл функцій між людиною і технікою:

- аналіз можливостей людини і техніки;
- визначення критеріїв ефективності;
- визначення обмежувальних умов;
- оптимізація критерію ефективності.

3. Розподіл функцій між операторами:

- визначення структури групи;
- визначення робочих місць;
- визначення функціональних обов'язків;
- організацій зв'язку між операторами.

4. Проектування діяльності оператора:

- визначення структури і алгоритму діяльності;
- визначення вимог до характеристик людини;
- визначення вимог до підготовки оператора;
- визначення норм діяльності.

5. Проектуванні! технічних засобів діяльності:

- проектування інформаційних моделей;
- проектування органів управління;
- організація робочого місця;
- проектування технічних засобів навчання;
- проектування технічних засобів контролю.

6. Оцінка систем «людина-техніка-середовище»:

- оцінка робочих місць і умов діяльності;
- оцінка діяльності оператора;
- оцінка ефективності системи,

Таким чином, ІПП починається з аналізу задач, які повинна вирішувати система, і закінчується оцінкою ефективності СЛМ.

Для вирішення задач першого етапу ми розглянули і описали методи збирання необхідних характеристик системи (розділи 1 і 4). Особливості і принципи розподілу функцій (етап 2) проаналізовано в розділі 2, Розподіл функцій між операторами (етап 3) схарактеризовано в підрозділі 4.5, а проектування діяльності оператора (етап 4) відображено в розділі 4. Етап 5 – проектування технічних засобів діяльності – у розділі 5, Останній етап (6) – оцінка СЛМ – здійснюється відповідно до показників якості функціонування СЛМ, наведених у підрозділі 2,3, і пов'язаний із вирішенням усіх задач інженерно-психологічного проектування.

Слід зауважити, що інженерно-психологічне проектування як складний і узагальнювальний процес має ряд специфічних особливостей.

Передусім це циклічний характер ІПП, зумовлений необхідністю вирішення всіх задач ІПП, але з певною мірою глибини розробки на кожній ні стадій проектування СЛМ, тобто процес ПІН є процесом послідовного уточнення характеристик СЛМ і знаходження її оптимального варіанта.

Друга особливість ІПП полягає в тому, що сам процес проектування характеризується комплексністю. Це означає, що в процесі ІПП оптимізуються не окремі характеристики людини і машини, а узагальнювальні характеристики СЛМ,

Ще однією особливістю є те, що структура ІПП доповнює діючу структуру єдиної системи проектування конструкторської документації (ЄСКД), а це сприяє подоланню її обмеженості у врахуванні людською фактора.

7.2. Стадії та процедури

Процес проектування і конструювання СЛМ охоплює багатомірність і циклічність вибору, обґрунтування і реалізацію технічних варіантів та художньо-конструкторських рішень. Гаку ж розгалужену структуру має і інженерно-психологічне проектування СЛМ. Організаційно п слід реалізовувати у вигляді системи інженерно-психологічного забезпечення розробки та експлуатації систем.

Структура інженерно-психологічного забезпечення має відповідати структурі ЄСКД, циклам проектування, на кожному з яких вирішуються певні завдання. Процес комплексного проектування СЛМ відображено в таблиці 22.

Проектування починається з аналізу функцій, які забезпечує конкретна система, умов, де функціонуватиме СЛМ, аналогів і прототипів (з метою виявлення специфіки її експлуатації), діючих нормативних матеріалів та інженерно-психологічних вимог і рекомендацій. На основі здійсненого аналізу з'ясовується необхідність проведення додаткових інженерно-психологічних досліджень, їхній характер, забезпечений і терміни. Вся потрібна інформація фіксується в документі «Технічне завдання» для розробки конкретної системи.

На наступних етапах відбувається конкретна розробка різних варіантів інженерно-психологічного забезпечення проектування СЛМ, на яких вирішуються або уточнюються питання розподілу функцій у системі, кількості операторів,

алгоритму їхньої роботи, проектування засобів відображення інформації, органів управління та організації робочих місць, розробки необхідної документації, забезпечення відповідних нормальних умов діяльності. Цей пронос має циклічний характер, адже всі ці питання вирішується на кожній з наведених стадій (табл. 22) та кожен раз детальніше, а оцінка варіантів рішення стає більш комплексною. Закінчується комплексне проектування, як правило, оцінкою показників якості функціонування СЛМ – швидкості, точності, надійності, напруженості роботи оператора та її ефективності. Після розробки даної конструкторської документації, побудови системи і здійснення всього циклу випробувань уточнюються параметри роботи системи, розробляються відповідні інженерно-психологічні вимоги і рекомендації до такого класу систем, їхнього серійною випуску.

Науково-технічний прогрес сучасного виробництва вимагає скорочення періоду розробки складних об'єктів і насамперед оптимізації проектування як одного з важливих і трудомістких етапів загального циклу їхнього виробництва. Останніми роками виникла і вона робота створення систем автоматизованого проектування (САПР¹), які на базі сучасних НОМ за короткий термін забезпечують інформаційний пошук, підготовку і перевірку проектних варіантів, імітаційне моделювання різних режимів, станів і умов експлуатації об'єкта і т. п. При цьому є можливість інтеграції САПР з автоматизованими системами проведення наукових досліджень (АСНД), а також із системами гнучкого автоматизованого виробництва (ГАВ), системами управління технологічними процесами (АСУ 111) і автоматизованими системами управління (АСУ) усім виробничим об'єднанням. Самі САПР варто розглядати не тільки як засоби підвищення продуктивності праці, а і як засоби професійного розвитку суб'єкта діяльності.

Таблиця 22

Стадії процесу комплексного проектування и СЛМ

Стадії проектування	Види комплексного проектування		
	Технічне	Інженерно-психологічне	Художнє
1. Технічне завдання	Визначення основного призначення техніки, її тактико – технічних характеристик, показників якості і техніко-економічних вимог до системи	Визначення основного призначення системи, її функцій і режимів роботи. Аналіз аналогів і прототипів і їхня інженерно-психологічна характеристика. Аналіз діяльності людини у діючих аналогічних системах. Розробка плану проведення досліджень. Розробка вимог і рекомендацій на базі	Попередній аналіз проектної ситуації. Аналіз тенденцій художнього проектування аналогічних систем. Формування художньо-конструкторської проблеми і визначення стадій розробки

		діючої нормативної і довідкової інформації	
2.Технічні пропозиції	Аналіз аналогів прототипів. Проведення інформаційно пошукової діяльності. Розробка різних варіантів можливих рішень системи	Уточнення розподілу функцій у СЛМ. Розробка функціональної структури роботи операторів, визначення кількості операторів. Проведення необхідних досліджень. Розробка варіантів рішень СЛМ	Виявлення стилевих і композиційно-пластичних тенденцій. Розробка варіантів художньо-конструкторських пропозицій. Побудова об'ємно-просторових схем рішення системи
Ескізний проект	Розробка варіантів рішень СЛМ, визначення режимів роботи, основних параметрів і характеристик. Проведення порівняльної оцінки розроблених варіантів	Уточнення розподілу функцій у СЛМ. Проектування технічних засобів діяльності оператора. Попередня оцінка різних варіантів рішення СЛМ з урахуванням факторів виробничого середовища	Вибір необхідних матеріалів і кольорового вирішення. Оцінка різних варіантів рішень
4.Технічний проект	Вибір остаточного варіанта технічного вирішення СЛМ. Розробка необхідних технічних рішень. Комплексна оцінка технічних частин системи і отримання необхідних даних для розробки технічної документації	Вибір остаточного варіанта рішення СЛМ. Уточнення і визначення розподілу функцій у СЛМ. Розробка детальних алгоритмів роботи операторів. Розробка технічних засобів діяльності оператора. Комплексна оцінка інженерно-психологічного рішення СЛМ аналітичними методами моделювання	Вибір остаточного варіанта композиційного пластичного рішення. Деталізація і стилізація форм об'єкта з урахуванням кольорового вирішення. Розробка та оцінка графічних елементів і супроводжувальній документації

5.Робочий проект випробування	<p>Розробка необхідної конструкторської документації для побудови системи.</p> <p>Здійснення необхідних випробувань.</p> <p>Уточнення документації за результатами випробувань.</p> <p>Розробка вимог до транспортування, налагодження, експлуатації і ремонту СЛМ</p>		
-------------------------------	--	--	--

Процес проектування це один із етапів «життєвого циклу» об'єкта: від виникнення потреби, що має бути задоволена, до утилізації самого об'єкта.

Застосування комп'ютерної техніки суттєво змінює саму технологію проектування як позитивно, так і негативно. Дослідження в ній галузі дали змогу окреслити структуру проектування об'єкті» у САПР, яка складається з відповідних підсистем:

- 1) цілепокладання;
- 2) пошукового конструювання;
- 3) структурно-параметричної оптимізації;
- 4) комплексного випробовування об'єкта за його інформаційними моделями;
- 5) робочого проектування, випуску документації;
- 6) модифікації, модернізації та розвитку об'єкта ;
- 7) утилізації самого об'єкта.

Розглянемо докладніше специфіку кожного етапу проектування в САПР.

1. **Цілепокладання.** На цьому етапі формується концепція мети з урахуванням імовірності її досягнення. Розвиток науково-технічного прогресу пов'язаний з підвищенням ролі науки у вирішенні соціальних і виробничих завдань, зі збільшенням обсягу науково-технічної інформації, складності і суттєвими матеріальними витратами на науково-дослідницькі розробки. При цьому спостерігається значний темп накопичення знань, своєчасність використання яких сприяє швидкій зміні технічних систем і, відповідно, оновленню виробничих сил суспільства. У зв'язку з цим дуже важливим є науково-технічний прогноз як система ймовірнісних оцінок можливих шляхів розвитку науки і техніки з урахуванням необхідних для цього ресурсів.

Проблемні ситуації, що виникають у процесі цілепокладання стосуються:

побудови мети в умовах перенасичення інформаційно не орієнтованих проблемних ситуацій та вибору мети або визначення шляху її дослідження у ситуаціях інформаційно перенасичених.

У першому випадку значна невизначеність пов'язана з новизною проблеми, відсутністю необхідних досліджень, аналогів і прототипів, досвіду експлуатації і проектування подібних об'єктів. Усе це потребує, побудови загальної концепції розвитку подібною класу систем. У другому – з наявністю багатьох варіантів розвитку системи. Основним завданням цього етапу визначення основних функціональних змінних, які впливають на розвиток об'єкта і його життєвий цикл.

Після закінчення цього етапу розробляється техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) створення таких систем :І оцінкою якості і перспектив подальшого їх розвитку, а також складається технічне завдання :І переліком необхідних вимог до них.

Інженерно-психологічне забезпечення цього етапу відбувається за двома основними напрямками:

- розвиток інформаційної бази і вдосконалення пошукових систем;
- використання психологічних методів і прийомів інтенсифікації розумової діяльності людини.

Формування мети здійснюється шляхом «занурення» проблемної ситуації в різні бази знань, носіями яких можуть бути не тільки ЕОМ, а й люди з різною спрямованістю і обсягом знань. Основними критеріями оцінки результатів рішення є такі показники, як соціально-економічна значущість, технологічна і конструктивна «зрілість», екологічна захищеність, творча активність і здоров'я суб'єкта діяльності.

2. Пошукове конструювання. Згідно з переліком вимог до системи, відображених у технічному завданні, проводиться її подальша розробка. Ситуації, які опрацьовує проектувальник, можна поділити на такі типи:

- функціонально невизначені;
- конструктивно невизначені;
- технологічно невизначені;
- зовнішньої і внутрішньої адаптації.

Особливістю задач, вирішуваних на цьому етапі, є те, що для них визначена зона пошуку можливих рішень і сформовані вимоги, які обмежують свободу пошуку, тобто простір можливих рішень стає щораз меншим, а мова опису компонентів задачі суворішою, і іншою боку, тривають формування мети і визначення її критеріїв оцінки. Гіпотетична, «розмита» модель майбутньої системи наповнюється конкретним змістом, що сприяє розробці структури об'єкта проектування з урахуванням його зовнішньої і внутрішньої адаптації. На цьому етапі визначається так званий конструктивно-технологічний набір, який забезпечує можливість створення об'єкта, а оптимізація його складу і взаємозв'язків вирішується вже на наступному етапі.

3. Структурно-параметрична оптимізація. Цей етап пов'язаний з подальшою розробкою проектного рішення з урахуванням можливостей застосування сучасних матеріалів і технологій, техніко-естетичних показників,

інженерно-психологічної оцінки. На цьому етапі основний клас задач спрямований на оптимізацію основних параметрів технічного рішення, їх уніфікацію та стандартизацію, вибір матеріалів з урахуванням їхньої сумісності і можливості використання сучасних технологій. Для пошуку оптимального варіанта рішення проектувальник апробує різні сполучення властивостей та характеристик об'єкта і оцінює різні варіанти і конструктивно-технічних рішень.

Крім технічної і математичної розробки даної проблеми, здійснюються роботи зі створення інформаційної підтримки проектувальника за рахунок фонду евристичних прийомів та їх комп'ютерної «підказки». Серед психологічних детермінант значна роль належить принципу наочності, і тому провідними є процеси сприйняття і переробки інформації, її перекодування, розвитку сенсорно-перцептивних функцій на основі постійного накопичення чуттєвого досвіду людини. Формування оптимальних «перцептивних маршрутів», локальних антиципуючих схем сприяє успішному вирішенню даного типу задач. Перцептивний образ і як засіб відображення сприйнятої інформації, і як «представник» майбутніх подій – є не тільки об'єктом перетворення, а й основою побудови дій, що плануються. Тому центральним рівнем психічного відображення у системі когнітивних і антиципуючих процесів є сенсорно-перцептивний рівень переробки інформації. Цей етап характеризується змістовною і комплексною розробкою СЛМ і підготовкою її інформаційних моделей для наступних випробувань.

4. Комплексні випробування об'єкта його інформаційними моделями. На цьому етапі проводяться контрольні-оцінкові дії розроблених проектних рішень методами лабораторних випробувань. Для цього необхідно епюри і математичну модель об'єкта і визначити програми окремих режимів випробувань, а також забезпечити апаратний контроль за функціонуванням необхідних параметрів СЛМ. Набір цих параметрів визначається функціональною та конструктивною структурами об'єкта проектування. Завдяки цим випробуванням з'ясовуються не тільки особливості функціонування об'єкта, а й характер і особливості взаємозв'язку і іншими об'єктами або системами упродовж його «життєвого циклу», тобто розглядається питання зовнішньої і внутрішньої адаптації об'єкта проектування і можливості їх оцінки. Діяльність оператора-дослідника, проектувальника цієї підсистеми САПР спрямована на розробку програмного забезпечення, на введення необхідних даних, на контроль за процесом автоматизованого випробування об'єкта і внесення необхідних коригуючих дій у цей процес. Психологічні особливості цієї діяльності та її забезпечення відображені в інших працях.

5.Робоче проектування. Випуск документації. Цей етап передбачає уточнення технічного, конструктивного і технологічного рішень з урахуванням можливостей виробників окремих частин об'єкта. В режимі «жорсткого» діалогу з ЕОМ, використовуючи стандартну мову команд, оператор цієї під системи розробляє окремі підпрограми. Його діяльність, з психологічної

точки зору, дуже схожа на діяльність оператора підготовки даних і їх введення в ЕОМ. Слід зауважити, що в процесі складання технічної документації аналізуються і вибираються стандарти зовнішні і нормалізовані рішення, розробляється розрахунково-технологічна карта, формується цифрова модель для виготовлення деталей або цілих вузлів на гнучких виробничих модулях (ГВМ) чи на станках з ЧПУ. Застосування комп'ютерної техніки дало змогу автоматизувати процес переходу від розробки до виготовлення продукції.

Модернізація, модифікація і розвиток об'єкта. На основі розробленої робочої документації виготовляється головний зразок об'єкта для дуже складних систем. Ним також може бути і сама система для унікальних систем або невеличка партія об'єктів, якщо передбачено їх багатосерійний випуск.

6. За підсумками випробувань об'єкта коригується робоча документація і починається її серійне виготовлення. У процесі експлуатації, особливо довготривалої, об'єкт можна модернізувати з метою поліпшення технічних, технологічних, конструкторських, техніко-естетичних, інженерно-психологічних та інших показників. Завдяки модернізації і модифікації можна подовжити «життєвий цикл» об'єкта. Але протягом експлуатації об'єкта загострюються протиріччя між можливостями самого об'єкта і вимогами людини до них. По мірі тривалої експлуатації компенсувати ці протиріччя за рахунок модернізації і модифікації об'єкта вже неможливо, і тому цей об'єкт або система знімається з експлуатації та підлягає утилізації.

7. **Утилізація.** Методи і засоби утилізації мають бути передбачені ще при розробці технічного завдання з проектування об'єктів, особливо складних соціотехнічних комплексів. На сьогодні це – дуже складна проблема, яка пов'язана не тільки з утилізацією відходів виробництва і експлуатацією об'єктів (радіаційних, хімічних та інших факторів виробничого середовища), а й з вирішенням питань у соціально-економічній сфері працевлаштуванням обслуговуючого персоналу, його перенавчанням.

Утилізація складних соціотехнічних комплексів потребує не менш складних технічних систем, які б забезпечували відповідні екологічні умови знищення шкідливих речовин. Тому під час проектування об'єкта, особливо на стадіях розробки технічних завдань або цілепокладання, слід враховувати те, що негативні явища спричинюються не тільки через аварії та катастрофи під час функціонування СЛМ, а й через припинення використання цих об'єктів, коли залишаються екологічно забрудненими значні території і обслуговуючий персонал потребує нового працевлаштування, налагодження нормальної життєдіяльності його сімей. Повніше схема проектування об'єктів представлена в спеціальній літературі.

Таким чином, процес проектування розгортається по спіралі, де формування і задоволення потреб суспільства залежать від рівня досягнень науково-технічною прогресу, економіки, тобто від потенціалу і можливостей суспільства в цілому.

Контрольні запитання

1. Назвіть сучасні концепції інженерно психологічного проектування СЛМ.
2. Яка Структура інженерно-психологічного проектування СЛМ?
3. Схарактеризуйте специфіку інженерно-психологічного оцінки у проектуванні і експлуатації СЛМ.
4. Деталізуйте питання економічної оцінки інженерно – психологічного забезпечення СЛМ.

Теми рефератів

1. Інженерно-психологічні проблеми сучасного виробництва.
2. Інженерно-психологічне забезпечення проектування і експлуатації СЛМ.
3. Структура і зміст інженерно-психологічних вимог та рекомендацій.
4. Інженерно-психологічна експертиза СЛМ.
5. Сучасні економічні підходи до оцінки інженерно-психологічного забезпечення.

Список рекомендованої літератури

1. Венда В. Ф. Инженерная психология и синтез систем отображения информации / В. Ф. Венда. – М. : Ин-т инженерной психологии, 1982. – 346 с.
2. Галактионов А. И. Основы инженерно-психологического проектирования АСУ ТП / А. И. Галактионов. – М. : Наука, 1978. – 126 с.
3. Денисов В. Г. Авиационная инженерная психология : учеб. пособ. / В. Г. Денисов, В. Ф. Онищенко, А. В. Скрипец. – М. : Высшая школа, 1977. – 285 с.
4. Завалишина Д. Н. Психологический анализ оперативного мышления / Д. Н. Завалишина. – М. : Ин-т психологии, 1985. – 297 с.
5. Серeda Г. К. Инженерная психология : пособ. / Г. К. Серeda. – К. : Наука, 1976. – 386 с.
6. Ломов Б. Ф. Инженерная психология в применении к проектированию

- оборудования / Б. Ф. Ломов, В. И. Петров. – М. : Ин-т инженерной психологии, 1971. – 478 с.
7. Ломов Б. Ф. Инженерная психология: теория, методология, практическое применение / Б. Ф. Ломова, В. Ф. Рубахина, В. Ф. Венды. – М. : Ин-т инженерной психологии, 1977. – 386 с.
8. Котик М. А. Курс инженерной психологии : учебн. пособ. / М. А. Котик. – М. : Высшая школа, 1978. – 354 с.
9. Трофімов Ю. Л. Психологія : підручник / Ю. Л. Трофімов, В. В. Рибалка, П. А. Гончарук – К. : Вища освіта, 1999. – 425 с.
10. Смирнов Б. А. Инженерная психология: Экономические проблемы / Б. А. Смирнов, Ф. П. Космолинский. – М. : Касталь, 1983. – 276 с.
11. Смирнов Б. А. Инженерная психология: Практические занятия / Б. А. Смирнов. – К. : Профиздат, 1979. – 245 с.
12. Чачко С. А. Предотвращение ошибок операторов на АЭС / С. А. Чачко. – М. : Наука, 1992. – 1

Навчальне видання

Горбунова Каріне Маркарівна
Літвінчук Світлана Борисівна
Тайхриб Катерина Анатоліївна

Інженерна психологія

Курс лекцій

Відповідальний за випуск: К. М. Горбунова

Технічний редактор: Т. В. Болсун

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 16,2
Тираж 20 прим. Зам. №

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного аграрного університету
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20. 02 2013 р.