

**В.Г. Брусенцов, О.В. Брусенцов,
І.І. Бугайченко, С.О. Кисельова**

ОСНОВИ ЕРГОНОМІКИ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Харків 2011



**УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**В.Г. Брусенцов, О.В. Брусенцов,
І.І. Бугайченко, С.О. Кисельова**

ОСНОВИ ЕРГОНОМІКИ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів напряму підготовки
«Залізничний транспорт» вищих навчальних закладів*

Харків 2011

УДК 330.015.11:656.2(075.8)

Брусенцов В.Г., Брусенцов О.В., Бугайченко І.І., Кисельова С.О. Основи ергономіки: Навч. посібник. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. — 141 с.

У навчальному посібнику розглядається стан ергономіки – наукової дисципліни, що вивчає трудову діяльність людини в людино—машинних системах і її основні принципи. Наведено основні поняття й визначення ергономіки, її об'єкт, предмет і задачі; характеристика методів дослідження в ергономіці. Особлива увага приділена залізничній ергономіці, її особливостям, ролі й місцю людини в транспортних ергатичних системах, а також питанням надійності й ефективності ергатичних систем. Мета видання посібника – зменшення дефіциту навчальної літератури в області ергономіки.

Посібник призначений для студентів спеціальності 240100 “Організація перевезень і керування на залізничному транспорті” усіх форм навчання.

Іл. 22, табл. 2, бібліогр.: 16 назв.

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник для студентів напряму підготовки «Залізничний транспорт» вищих навчальних закладів (№ 1/11-4196 від 19.05.10 р.).

Рецензенти:

професори А.Т. Ашерів (УІПА),
В.М. Самсонкін (Державне підприємство
«Державний науково-дослідний центр
залізничного транспорту України»),
Ф.І. Абрамчук (ХНАДУ).

ISBN 978-966-2033-32-8

© Українська державна академія
залізничного транспорту,
2011.

В.Г. Брусенцов, О.В. Брусенцов,
І.І. Бугайченко, С.О. Кисельова

ОСНОВИ ЕРГОНОМІКИ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Відповідальний за випуск Брусенцов В.Г.

Редактор Ібрагімова Н.В.

Підписано до друку 23.06.08 р.

Формат паперу 60x84 1/16 . Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 4,75. Обл.-вид.арк. 5,0.

Замовлення № Тираж 500. Ціна

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК № 2874 від. 12.06.2007 р.

Друкарня УкрДАЗТу,
61050, Харків - 50, майдан Фейербаха, 7

Українська державна академія залізничного транспорту

В.Г. Брусенцов
О.В. Брусенцов
І.І. Бугайченко
А.В. Гончаров
С.О. Кисельова

ОСНОВИ ЕРГОНОМІКИ
НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Навчальний посібник

Зав. кафедрою «Охорона праці»
М.І.Ворожбіян
Голова НМК ф-ту УПП
Продащук
Декан ф-ту УПП
Мкртичьян

проф.
доц. С.М.
доц. Д.І.

Харків 2008

УДК330.015.11:656.2(075.8)

Брусенцов В.Г., Брусенцов О.В., Бугайченко І.І., Гончаров А.В., Кисельова С.О. Основи ергономіки на залізничному транспорті: Навч. посібник. — Харків: УкрДАЗТ, 2008. — 142 с.

У навчальному посібнику розглядається стан ергономіки – наукової дисципліни, що вивчає трудову діяльність людини в людино—машинних системах і її основні принципи. Наведено основні поняття й визначення ергономіки, її об'єкт, предмет і задачі; характеристика методів дослідження в ергономіці. Особлива увага приділена залізничній ергономіці, її особливостям, ролі й місцю людини в транспортних ергатичних системах, а також питанням надійності й ефективності ергатичних систем. Мета видання посібника – зменшення дефіциту навчальної літератури в області ергономіки.

Посібник призначений для студентів спеціальності 240100 “Організація перевезень і керування на залізничному транспорті” усіх форм навчання.

Іл. 22, табл. 2, бібліогр.: 16 назв.

Рецензенти:

професори А.Т. Ашеров (УІПА), В.М. Самсонкін (Державне підприємство «Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України»), Ф.І. Абрамчук (ХНАДУ).

ЗМІСТ

Вступ	5
1. ЕРГОНОМІКА ЯК НАУКОВА ДИСЦИПЛІНА	6
1.1. Передумови виникнення	6
1.2. Ергономіка — проектувальна дисципліна	9
1.3. Напрямки розвитку ергономіки	10
1.4. Гарна ергономіка—гарна економіка	12
1.5. Міждисциплінарні зв'язки ергономіки	12
2. СТРУКТУРА, ПРЕДМЕТ І ОСНОВНІ ЗАДАЧІ	14
3. ЕРГОНОМІКА І ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ	18
4. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ В ЕРГОНОМІЦІ	21
4.1. Класифікація методів ергономіки	21
4.2. Моделювання в ергономіці	25
4.3. Методи відображення, опису й аналізу діяльності оператора	26
5. ДІЯЛЬНІСТЬ ОПЕРАТОРА В СИСТЕМІ «ЛЮДИНА—МАШИНА»	31
5.1. Трудова діяльність оператора з позицій ергономіки	31
5.2. Види операторської праці	33
5.3. Показники якості функціонування СЛМ	34
5.4. Специфіка діяльності операторів залізничного транспорту	38
5.5. Фактори виробничого середовища	45
5.6. Фактори трудової діяльності оператора	49
5.7. Організація раціональних режимів трудової діяльності	52
6. ПРИЙМАННЯ ТА ПЕРЕРОБКА ІНФОРМАЦІЇ ОПЕРАТОРОМ	58
6.1. Нервові аналізатори	58
6.2. Характеристики зорового аналізатора	60
6.3. Характеристики слухового аналізатора	64
6.4. Характеристики тактильного аналізатора	66
6.5. Взаємодія аналізаторів під час приймання інформації	67
6.6. Зберігання та переробка інформації	67

6.7. Прийняття рішень	72
6.8. Вплив обчислювальної техніки на розумову діяльність	74
6.9. Кількісні характеристики інформації	76
7. НАДІЙНІСТЬ ЛЮДИНИ–ОПЕРАТОРА	80
7.1. Професійна надійність людини–оператора	80
7.2. Функціональна надійність	83
8. ПРОФЕСІЙНА ПІДГОТОВКА ОПЕРАТОРІВ	85
8.1. Склад професійної підготовки операторів	85
8.2. Професійний відбір	85
8.3. Професійне навчання	90
8.4. Формування виробничих колективів	91
9. ФУНКЦІОНАЛЬНІ СТАНИ ОПЕРАТОРА	96
9.1. Загальна характеристика функціональних станів	96
9.2. Класифікація функціональних станів	97
9.3. Стомлення	99
9.4. Монотонія	102
9.5. Стрес	103
9.6. Прикордонні стани	105
9.7. Контроль функціонального стану оператора	106
9.8. Корекція функціонального стану	112
10. ЕРГОНОМІКА РОБОТИ З ПЕРСОНАЛЬНИМ КОМП'ЮТЕРОМ	116
11. ПРОЕКТУВАННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ	122
11.1. Робоче місце — найменша цілісна одиниця виробництва	122
11.2. Основи антропометрії	122
11.3. Методи антропометричної оцінки проектів	125
11.4. Оцінка компонування засобів відображення інформації й органів управління	126
Бібліографічний список	130
Додаток 1. Визначення складності алгоритму діяльності людини–оператора	132
Додаток 2. Визначення кількісних характеристик діяльності людини–оператора	137

ВСТУП

Ергономіка — це порівняно молода галузь науки, яка виникла на стику гуманітарних та технічних наук і стрімко розвивається. Її поява зумовлена соціально-економічними потребами суспільства, рівнем його науково-технічного розвитку, а також досягненнями в психології, фізіології, системотехніці, кібернетиці тощо. Виникнення її обумовлено бурхливими темпами науково – технічного прогресу й зростанням ролі людського фактора в суспільному виробництві, у тому числі й на залізничному транспорті. Останнім часом “ціна” людських помилок незмірно зростає. Про це свідчать техногенні аварії на атомних електростанціях, заводах хімічних концернів, залізничні катастрофи й падіння літаків. Аналіз цих подій показує, що в багатьох випадках були допущені помилки людей. Вони відбувалися як через недисциплінованість, так і через те, що людина була поставлена в такі умови, за яких її надійність суттєво знижується.

У наш час ергономічне забезпечення на залізничному транспорті впроваджується у виробництво за такими основними напрямками: формування оптимального виробничого середовища, компонування робочих місць, ергономічне забезпечення конструкторсько-технологічних рішень при створенні виробничого устаткування, нових машин і механізмів, створення й освоєння принципово нової людино-машинної технології на базі комплексного використання сучасних науково-технічних досягнень. Реалізація цих напрямків залізничної ергономіки вимагає знань, умінь і навичок в області ергономіки. Даний навчальний посібник призначений надати допомогу студентам у вивченні дисципліни, ознайомити з основною термінологією й поняттями ергономіки, показати соціальну й економічну значущість ергономічних розробок на залізничному транспорті.

1. ЕРГОНОМІКА ЯК НАУКОВА ДИСЦИПЛІНА

1.1. Передумови виникнення

Ергономіка належить до групи наук некласичного типу, що сполучають у собі риси наукової дисципліни й засоби практичної діяльності. Вона взаємозалежна з усіма науками, предметом вивчення яких є трудова діяльність людини: інженерною психологією, психологією, фізіологією, гігієною, соціологією праці, безпекою праці й ін. Вона виникла на "стиках" наук про людину й покликана усунути порушення єдності оптимізації всіх компонентів діяльності, обумовлених безліччю дисциплінарних підходів до створення систем «людина — машина — середовище» (СЛМС).

Сучасні виробництво й транспорт, оснащені складними технічними системами, висувають до людини вимоги, що змушують її іноді працювати в екстремальних умовах і на межі психофізіологічних можливостей. Багато видів діяльності пов'язані з відповідальністю людини за ефективне й надійне функціонування складних систем. Різко збільшується ціна помилки людини при проектуванні систем, а також у процесі їх використання у виробництві, на транспорті, у збройних силах (досить згадати Чорнобиль). Поряд із діяльністю на межі людських можливостей у сучасному виробництві стає усе більш розповсюдженим явищем недостатня рухова активність людини в процесі праці, що знижує працездатність і погіршує здоров'я працюючих.

Багато працюючих (за деякими даними, більше половини) зараз попадають у групи підвищеного ризику виникнення хвороб суглобів, м'язів, хребта. Ці хвороби розвиваються поступово, протягом багатьох місяців і навіть років у результаті постійної функціональної напруги визначеної частини тіла й тому називаються кумулятивними (тобто пов'язаними з накопиченням шкідливих впливів) травмами.

Знаряддя праці найчастіше виявляються настільки складними (структурно й функціонально) і нераціонально сконструйованими, що ними важко користуватися.

У зв'язку з усім сказаним виникла необхідність у дослідженнях, що базуються на системному трактуванні людських факторів у техніці й відкривають можливості їхнього цілісного уявлення в проектуванні й використанні машин, устаткування, технічно складних споживчих виробів. Такий підхід дозволяє не тільки пристосувати техніку й умови її функціонування до людини або групи людей, але й формувати їх здатності відповідно до вимог, що висуває до них сучасна техніка.

Вирішення цих питань було покладено на нову наукову дисципліну — ергономіку. Передумови її появи простежуються з початку ХХ ст.

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.

У роки другої світової війни був даний могутній поштовх міждисциплінарним дослідженням, спрямованим на виявлення оптимальних умов діяльності людини, а також її граничних можливостей.

Про важливість 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 зумовлено помилками людини в управлінні.

За даними ООН, щороку 250 тис. людей гинуть в автокатастрофах, а понад 7 млн зазнають травм. Крім того, доведено, що приблизно у 80 % випадків такі аварії відбуваються внаслідок неадекватних дій людини. Внаслідок нервово-психічних захворювань оператори й диспетчери АСУ втрачають працездатність у віці 40—45 років, що веде до значних економічних і соціальних утрат для суспільства.

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

У США та Англії лабораторії ергономічного напрямку з'явилися ще в середині 40-х рр. В СРСР протягом 1960—1965 рр. були створені лабораторії інженерної психології у Московському державному університеті, спеціальні групи в Київському, Харківському та Тбіліському університетах, окремі відділи у ВНДІ технічної естетики, в Інституті авіаційної та космічної медицини.

В Академії наук України ергономіка почала розвиватися у руслі досліджень із кібернетики та систем управління в Інституті автоматики, а потім і в Інституті кібернетики АН України.

Назву «*ергономіка*» (від грецьк. *ergon* — робота й *nomos* — закон) була запропонована ще в 1857 р. польським натуралістом Войтехом Ястшембовським, а в 1949 р. в Англії групою вчених було організовано Ергономічне дослідницьке суспільство.

У деяких країнах ергономіка має інші назви: у США — «Дослідження людських факторів» (Human Factors (HF)), у Німеччині — «Антропотехніка».

Об'єктивна основа розвитку ергономіки — науково-технічна революція, що робить корінні, якісні зміни в продуктивних силах як цілісній системі, що включає три основні компоненти: засоби праці, предмет праці й доцільну діяльність людини. Характер і зміст праці змінюються, збільшуються пошукові, творчі функції, тобто стираються істотні розбіжності між сферою розумової й фізичної праці, підвищуються вимоги до кваліфікації кадрів, збільшується частка висококваліфікованих фахівців в обслуговуванні автоматичної техніки й технології.

Все більше зростаюча інтенсифікація праці, конкурентна боротьба на ринках збуту продукції й мілітаризація економіки — ось три основні фактори розвитку ергономіки.

Загальна мета ергономіки формулюється як єдність трьох аспектів дослідження й проектування: зручність і комфортні умови ефективної діяльності людини, а відповідно й ефективне функціонування систем "людина — машина"; збереження здоров'я й розвиток особистості. У конкретному дослідженні й проектуванні той або інший аспект може превалювати, однак загальна мета реалізується через сукупність і взаємодоповнюваність зазначених аспектів.

1.2. Ергономіка — проектувальна дисципліна

Діапазон об'єктів, у створенні яких бере участь ергономіка, великий: від космічного корабля до звичайної лопати, від устаткування кухні до апаратних і програмних засобів обчислювальної техніки. Ергономічні задачі, які виникають при створенні й використанні таких різноманітних об'єктів, схожі між собою за постановкою й методами вирішення.

Ергономічні принципи, методи й дані мають безпосереднє відношення до всіх стадій створення й використання систем: аналіз, проектування, розроблення, випробування, оцінка, функціонування устаткування. Визначальним є проектування, тобто воно тісно пов'язано з наукою й інженерією. Поряд із традиційними видами проектування (технічне, архітектурне й ін.) склалися нові напрямки проектування систем "людина—машина", організацій, діяльності, роботи, а також екологічне, соціальне, генетичне проектування й т. д.

Проектування систем "людина — машина" спрямоване на оптимізацію діяльності людини або групи людей з їх освоєння, керування (використання), обслуговування й ремонту в нормальних й екстремальних умовах із метою забезпечення ефективного, надійного, безпечного функціонування систем при одночасному збереженні здоров'я працюючих людей і розвитку особистості,

виділилося в самостійний напрямок — ергономічне проектування. Його виникнення дозволяє установити порядок, відповідно до якого із самого початку проектуються системи "людина — машина", а не тільки технічні засоби, що лише на стадії їхнього практичного "пристосування" до людини стають компонентами цієї системи.

Ергономічне проектування здійснюється на всіх етапах загального процесу проектування.

1.3. Напрямки розвитку ергономіки

Як молода наука, ергономіка бурхливо розвивається. Так, якщо 20 років тому основні роботи велися в таких галузях (у порядку убутання пріоритетності): антропометрія, фізіологія праці, проектування праці, біомеханіка, психологія, то в останнє десятиліття пріоритети ергономіки істотно змістилися в бік безпеки, проектування праці, біомеханіки, напруженості праці, інтерфейсу "людина — комп'ютер". Біомеханіка й фізіологія праці не домінують, як у минулому, але виник їхній новий аспект, пов'язаний з розладами опорно-рухового апарату, обумовлений збільшенням числа людей, що працюють на комп'ютеризованих місцях.

До кінця ХХ ст. виділилися три головні напрямки усередині ергономіки:

1. *Ергономіка фізичного середовища*, що розглядає питання, пов'язані з анатомічними, антропометричними, фізіологічними й біомеханічними характеристиками людини, які мають відношення до фізичної праці. Найбільш актуальні проблеми включають робочу позу, компонування робочого місця, надійність і здоров'я.

2. *Когнітивна ергономіка* пов'язана з такими психічними процесами, як сприйняття, запам'ятовування, прийняття рішень, оскільки вони впливають на взаємодію між людиною й іншими елементами системи. Відповідні проблеми включають розумову працю, прийняття рішень, кваліфіковане виконання, взаємодію людини й комп'ютера;

акцент робиться на підготовці й безперервному навчанні людини при проектуванні соціо-технічної системи.

3. *Організаційна ергономіка* розглядає питання, пов'язані з оптимізацією соціо-технічних систем, у тому числі їхні організаційні структури й процеси керування. Проблеми включають розгляд системи зв'язків між індивідуумами, керування груповими ресурсами, розроблення проектів, кооперацію, групову роботу й керування.

Розвиток ергономіки по десятиліттях характеризується таким чином:

1950-ті рр. – військова ергономіка;

1960-ті рр. – промислова ергономіка;

1970-ті рр. – ергономіка товарів широкого вжитку;

1980-ті рр. – інтерфейс "людина—комп'ютер" і

ергономіка програмного забезпечення;

1990-ті рр. – когнітивна й організаційна ергономіка.

За масштабом проблем, що розглядаються, розрізняють мікро-, міді- й макроергономіку.

Мікроергономіка займається дослідженням й проектуванням систем "людина — машина". Сюди ж включаються інтерфейси "людина — комп'ютер" (комп'ютер розглядається як частина машини) — як апаратні інтерфейси, так і програмні. Відповідно "ергономіка програмного забезпечення" — це підрозділ мікроергономіки. Сюди ж належать системи "людина — комп'ютер — людина", "людина — комп'ютер — процес", "людина — програма".

Мідіергономіка займається дослідженням і проектуванням систем "людина — колектив", "колектив — машина", "людина — мережа", "колектив — організація". Мідіергономіка досліджує взаємодію на рівні робочих місць і виробничих задач, до сфери її інтересів входять:

- проектування організацій;
- планування робіт;
- населеність робочих приміщень;
- проектування інтерфейсів мережних програмних продуктів тощо.

Макроергономіка займається дослідженням і проектуванням систем "людина — суспільство", "організація — система організацій".

1.4. Гарна ергономіка – гарна економіка

За оцінками західних фахівців, сьогодні 30—40 % приросту економіки досягається завдяки впровадженню досягнень ергономіки. Так, за різними іноземними джерелами:

- гарне освітлення робочого місця збільшує продуктивність праці на 20 %;
- зниження шуму до гігієнічних норм підвищує продуктивність праці на 40—50 %, а продумане введення музики – на 12—14 %, грамотне забезпечення ергономічних вимог підвищує продуктивність на 100 %;
- оптимальне фарбування підвищує продуктивність на 25 % і знижує непродуктивні втрати робочого часу на 32 %, використання фітоергономіки дозволяє знизити помилки в роботі операторів на 70 %, підвищити резистентність організму на 30 %.

1.5. Міждисциплінарні зв'язки ергономіки

Необхідно виділити численні міждисциплінарні зв'язки ергономіки, взаємодію її з групами таких наук, як суспільні, природничі й технічні. Вона застосовує знання, методи досліджень і технології проектування з таких галузей людського знання й практики:

- 1) інженерна психологія;
- 2) психологія праці, теорія групової діяльності, когнітивна психологія;
- 3) конструювання;

- 4) гігієна й охорона праці, наукова організація праці;
- 5) антропология, антропометрія;
- 6) медицина, анатомія й фізіологія людини;
- 7) теорія проектування;
- 8) теорія керування.

Найтісніше ергономіка пов'язана з інженерною психологією, задачею якої є вивчення й проектування зовнішніх засобів і внутрішніх способів трудової діяльності операторів. Розбіжності між термінами «інженерна психологія» й «ергономіка» у сучасній літературі фактично не існує. Спеціалізація інженерної психології визначила її спрямованість на операторську діяльність людини, фундаментальне дослідження психічних процесів, які притаманні цій діяльності (приймання й переробка інформації), а також виявлення можливостей людини при здійсненні такої діяльності.

Інженерно—психологічні дослідження є теоретичною й методичною базою ергономіки. Констатуючи ускладнення людської діяльності в сучасному виробництві, А.Н. Леонтьєв і Д.Ю. Панов ще в 1962 р. писали, що розумовий і психічний розвиток людини стає найважливішим резервом збільшення суспільної продуктивності праці, а «людський фактор» — особливим виміром усього процесу створення й експлуатації нової техніки.

Контрольні запитання

1. Чим обумовлена поява ергономіки як науки?
2. Як впливає людина на надійність технічних систем?
3. Від чого походить назва „ергономіка” і як вона називається в інших країнах?
4. Які науки передували виникненню ергономіки?
5. Яка участь ергономіки у проектуванні?
6. Які види ергономіки існують?

2. СТРУКТУРА, ПРЕДМЕТ І ОСНОВНІ ЗАДАЧІ

Ергономіка, як і будь-яка наука, характеризується такими елементами логічної структури:

- об'єктом, що вона вивчає;
- предметом, тобто тим боком об'єкта, що досліджує дана наука (найчастіше один об'єкт служить предметом вивчення ряду наук);
- завданнями, які треба вирішувати, щоб досягти поставлених перед наукою цілей;
- методами, які використовують для вивчення об'єкта.

Розглянемо ці елементи. За визначенням, *ергономіка* — наукова дисципліна, що комплексно вивчає людину (групу людей) у конкретних умовах її (їх) діяльності, пов'язаної з використанням машин (технічних засобів). Людину, машину й середовище вона розглядає як складне функціонуюче ціле, у якому ведуча роль належить людині. Ергономіка — одночасно й наукова, й проектувальна дисципліна, оскільки розробляє методи обліку людських факторів при модернізації діючої й створенні нової техніки й технології, а також найбільш сприятливих для людини умов праці (діяльності). *Об'єкт дослідження* ергономіки — система «людина (група людей) — машина (технічний засіб) — середовище», або коротко — система «людина — машина» (СЛМ) (рис. 2.1). Такі складні системи, що включають у себе живі й технічні ланки, у спеціальній літературі називають по-різному: людино-машинні, ергатичні та ін. Це фізичні, цілеспрямовані, замкнуті системи, що включають у себе людину як головну, вирішальну (керівну) ланку.

Предметом ергономіки як науки є вивчення системних закономірностей взаємодії людини або групи людей з технічними засобами, предметами трудової (навчальної, спортивної, ігрової та ін.) діяльності й середовищем у процесі досягнення мети діяльності або в процесі професійної підготовки до її виконання.

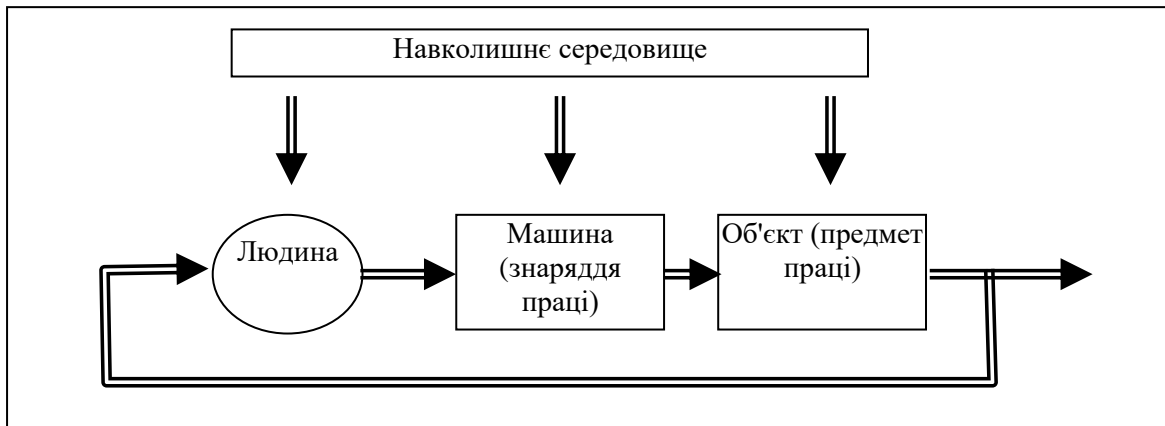


Рис. 2.1. Структурна схема системи
“людина — машина — середовище”

Задачею ергономіки як сфери практичної діяльності є формування ергономічних і дизайнерських властивостей СЛМС (система “людина — машина — середовище”) шляхом проектування й удосконалювання процесів (способів, алгоритмів, прийомів) діяльності, способів підготовки (навчання, тренування, адаптації) до неї, а також тих характеристик засобів і умов праці, що безпосередньо впливають на параметри діяльності до стану людини, в інтересах підвищення якості продукту й продуктивності праці, збереження здоров'я й розвитку особистості працюючого.

Одною з задач ергономіки є оптимізація умов праці. Ергономіка розглядає технічний і людський аспекти в нерозривному зв'язку. Прагнення розкрити закономірності їхнього синтезу в рамках єдиної системи «людина — машина» (СЛМ) характеризує ергономіку як науку особливого типу. Свої проблеми ергономіка вирішує одночасно в двох напрямках — від вимог людини до техніки й умов її функціонування й від вимог техніки й умов її функціонування щодо людини.

Вимоги людини до техніки всебічно виявляються й фіксуються в такій цілісній характеристиці системи «людина — машина», як *ергономічність*. Під ергономічністю

розуміють властивість техніки змінювати ефективність трудової діяльності в системі «людина — машина» залежно від ступеня її (техніки) відповідності фізичним, біологічним і психологічним властивостям людини.

Основні критерії ергономічності — показники ефективності застосування (використання) живої праці людини, а саме:

- продуктивність праці;
- якість праці;
- важкість (напруженість) праці.

Продуктивність праці — це витрати часу на виконання людиною одиниці праці. Під одиницею праці розуміють результат досягнення визначеної мети, наприклад, виконання технологічної операції, розв'язання задачі, заміна елемента, що відмовив, та ін.

Якість праці — це точність і безпомилковість виконання одиниці праці, рівень кваліфікації.

Під важкістю праці розуміють ступінь сукупного впливу усіх факторів виробничого середовища на здоров'я й працездатність людини.

Ергономіка вирішує завдання раціональної організації діяльності людей у системах «людина — машина», доцільного розподілу функцій між людиною й машиною, визначення критеріїв оптимізації СЛМ з урахуванням можливостей і особливостей працюючої людини, розробляє типології таких систем. До числа ергономічних задач належить оцінка зміни функціонального стану працюючих людей і оптимальних показників середовища СЛМ.

Основні задачі ергономічних розробок:

1. Аналіз і синтез діяльності оператора в системі «людина — машина — середовище». У ході аналізу вивчають структуру діяльності оператора, розглядають її цілі, мотиви й способи виконання, виявляють можливі режими роботи й оцінюють їхній вплив на результати праці. На підставі цього висувають необхідні вимоги до характеристик оператора й намічають можливі шляхи їх досягнення.

2. Вивчення комплексу ергономічних властивостей (характеристик) людини-оператора. Досліджують роботу органів чуттів людини, центральної нервової системи, моторно-рухового апарату й ін. Оскільки ці системи людини вивчають й інші науки про працю, ергономіка розглядає лише їхні оптимальні, а не екстремальні значення.

3. Організація робочого місця оператора з урахуванням комплексу його ергономічних властивостей. Розробляються вимоги, що мають бути висунути до робочого місця в цілому й до окремих його елементів, щоб забезпечити максимальні зручності й ефективність роботи.

4. Професійна підготовка операторів. Ергономіка розглядає її як складний процес, що включає відбір, навчання, тренування операторів і формування колективів.

5. Ергономічне проектування й оцінка систем «людина — техніка — середовище». При вирішенні цього завдання використовують результати всіх попередніх завдань.

Особливу увагу ергономіка приділяє *людині-оператору*. Під цим терміном розуміють людину, яка здійснює трудову діяльність з керування. Основою цієї діяльності є взаємодія з предметом праці (машиною) і зовнішнім середовищем за допомогою інформаційної моделі й органів керування. (*Інформаційна модель* — це образ, що імітує стан об'єкта керування, який формується на основі інформації, що поступає зовні.)

Контрольні запитання

1. Сформулюйте поняття «ергономіка»?
2. Що таке ергономічність?
3. Що є предметом ергономіки?
4. Основні задачі ергономічних розробок?
5. Міждисциплінарні зв'язки ергономіки?

3. ЕРГОНОМІКА І ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ

Залізничний транспорт є однією з галузей, для якої проблеми, що вирішує ергономіка, є життєво важливими. Це пояснюється як вкрай напруженими й складними умовами праці багатьох залізничних професій, так і високою ціною тут людської помилки. За швидкістю й ступенем впровадження досягнень ергономіки залізничний транспорт поступається тільки військовим галузям і знаходиться десь на рівні цивільної авіації й енергетики. Так, проблеми надійності людини стосовно операторських професій на залізниці почали вивчатися ще в 20-ті рр. минулого століття. Зокрема почали вивчатися питання професійного відбору на посаду машиністів локомотивів. Наукові праці в цьому напрямку велися увесь час, насамперед фахівцями Всесоюзного науково—дослідного інституту (ВНДІ) залізничної гігієни (м. Москва). Великий внесок зробили також фахівці Харкова, Києва. На жаль, з характерною для СРСР повільністю з упровадженням досягнень науки в життя повномасштабне впровадження його почалося лише наприкінці 80-х рр. За результатами проведених робіт у ряді центрів (Москва, Ленінград, Харків, Львів) сформувався цілий напрямок у психології (у 1972 р. видана книга В.Н. Пушкіна, Л.С. Нерсесян «Железнодорожная психология»).

Головною задачею ергономіки на залізничному транспорті є створення оптимальних умов праці, за яких людина могла б працювати з максимальною надійністю, без шкоди для здоров'я й розвивалась як особистість.

У наш час умови праці часто не відповідають вимогам ергономіки. Так, існує значна кількість робіт з важкими фізичними навантаженнями. У той же час усе більш гострою стає проблема *гіподинамії* (нестачі фізичної активності). Вона характерна для багатьох робочих місць і спричиняє зниження рівня здоров'я, а відповідно, й надійності діяльності.

Сьогодні світова наука дійшла висновку, що *людський організм не має шансів на здоров'я без визначеного рівня фізичних навантажень.*

Велику проблему складає *професійний стрес*. На багатьох місцях зростає рівень психічних навантажень, а іноді вони значно перевищують допустимі (наприклад, у роботі диспетчерського апарату, локомотивних бригад та ін.). Це призводить до суттєвого погіршення рівня здоров'я, особливо у випадку поєднання професійного стресу з гіподинамією.

У зв'язку зі збільшенням швидкостей руху транспортних засобів, ускладненням конструкцій машин і механізмів важливого значення набуває правильний вибір і оформлення органів керування; при централізації керування в диспетчерських системах необхідно організовувати пульти керування й пристрої відображення інформації з урахуванням особливостей сприйняття, робочої пози, величини навантаження й ряду інших факторів. Неправильне розташування органів керування на пультах і робочих місцях у робочих зонах і зонах обслуговування може різко підвищити фізичні й психічні навантаження, а інколи й збільшити кількість помилок у діях оператора і, як наслідок, призвести до аварій і травматизму.

Спеціальна ергономічна проблема — раціональне оформлення робочого інструмента. Урахування вимог ергономіки дуже важливе при розробленні спеціального одягу. При ігноруванні цих вимог спецодяг може стати причиною підвищеної стомлюваності, а іноді причиною травматизму.

Важливою задачею ергономіки є зниження психічних навантажень, що досягається застосуванням комплексу заходів, таких як створення сприятливого соціально-психологічного клімату, зниження рівня шумів, організацію комфортного світло-колірного оформлення. Одною з причин психічного перевантаження є надлишок інформації, що подається операторові.

У процесі роботи періодично виникають психічні напруги через несприятливий соціально-психологічний клімат. Часто причиною цього є психологічна несумісність окремих членів колективу. Тому грамотне формування колективів і створення оптимальної взаємодії є важливою задачею ергономіки.

З досвіду відомо, що раціональний режим праці й відпочинку, виробнича гімнастика, відповідна музика й подібні заходи можуть істотно знизити фізичну й психологічну стомлюваність та підвищити продуктивність праці.

Систематична робота з кадрами, їхній професійний відбір, підвищення кваліфікації, навчання раціонально й ергономічно обґрунтованим методам праці, інструктаж і обмін досвідом дозволяють також знизити виробниче навантаження.

Контрольні запитання

1. Яке відношення має ергономіка до залізничного транспорту?
2. Які задачі ергономіки на залізничному транспорті?
3. Що таке гіподинамія й як вона впливає на здоров'я?
4. Які існують заходи зі зниження виробничого навантаження?

4. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ В ЕРГОНОМІЦІ

4.1. Класифікація методів ергономіки

Методи ергономіки поділяють на кілька груп. Першу групу методів умовно називають організаційними. До них належать методологічні засоби ергономіки, що забезпечують системний і діяльнісний підходи до дослідження й проектування. Вони виступають як інструмент інтеграції методів різних наук і сфер практичної діяльності, на стику яких виникають і вирішуються якісно нові проблеми вивчення й проектування систем "людина — машина". Системний підхід сам по собі не дає рішення проблем ергономіки безпосередньо, він служить засобом їхньої правильної постановки, відіграє конструктивну роль у побудові й розвитку предмета дослідження.

Другу групу методів складають емпіричні способи одержання наукових даних. До цієї групи належать спостереження й самоспостереження; експериментальні процедури (лабораторний, виробничий, "формуючий" експерименти), діагностичні методики (різного роду тести, анкети, соціометрія, інтерв'ю й бесіди); аналіз процесів і продуктів діяльності, моделювання (предметне, математичне й т. д.).

Третю групу методів складають різні способи кількісної і якісної обробки даних.

Нарешті, до четвертої групи методів входять різні способи інтерпретації отриманих даних у контексті цілісного опису функціонування систем "людина — машина".

Найбільш великою є друга група методів, усередині якої залежно від мети й характеру досліджень виділяється цілий ряд конкретних методичних процедур, таких як психологічні, фізіологічні та моделювання.

Психологічні у свою чергу поділяють на дослідницькі (спостереження та дослід) та випробувальні (тестування).

Сьогодні застосовується надзвичайно багато таких методів, зокрема:

- вивчення технічної документації й 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.

До психологічних методів також відносять і *психометричні методи* дослідження перцептивних, мнемонічних, когнітивних процесів і особистісних характеристик.

У методичний арсенал ергономіки входять багато *психофізіологічних методик*: вимірювання часу реакції (простої сенсомоторної реакції, реакції вибору, реакції на рухливий об'єкт і т. д.); *психофізичні методики* (визначення порогів і динаміки чутливості в різних модальностях).

В ергономіці дуже розповсюджені такі фізіологічні методи, як методи *електрофізіології*, котрі вивчають електричні явища в організмі людини при різних видах її діяльності. Такі методи дозволяють оцінювати часові параметри багатьох процесів, їхню виразність, топографію, механізми їхньої регуляції й т. д.

Функціональний стан людини оцінюється за допомогою фізіологічних і психологічних методів. Із психологічних методів можна виділити опитувальники, які будуються на основі самооцінки людиною своїх відчуттів. Одним з широко застосовуваних методів такого класу є тест диференційованої самооцінки стану САН (названий за першими буквами слів "самопочуття", "активність", "настрій"). При розробленні цього тесту виходили з того, що характеристика функціонального стану можлива за допомогою трьох категорій ознак: самопочуття, активність і настрої.

Людина має співвіднести свій стан із рядом ознак, які притаманні кожній з перерахованих категорій.

Ступінь виразності ознаки встановлюється за семибальною шкалою типової картки методики САН, (див. рис. 4.1).

ТИПОВА КАРТКА МЕТОДИКИ САН

Прізвище, і'мя, по-батькові _____ Стать _____ Вік _____
 Дата _____ Час _____

1. Самопочуття добре	3 2 1 0 1 2 3	Самопочуття
2. Відчуваю себе сильним	3 2 1 0 1 2 3	Відчуваю себе слабким
3. Пасивний	3 2 1 0 1 2 3	Активний
4. Малорухливий	3 2 1 0 1 2 3	Рухливий
5. Веселий	3 2 1 0 1 2 3	Смутний
6. Гарний настрій	3 2 1 0 1 2 3	Поганий настрій
7. Працездатний	3 2 1 0 1 2 3	Розбитий
8. Повний сили	3 2 1 0 1 2 3	Знесилений
9. Повільний	3 2 1 0 1 2 3	Швидкий
10. Бездіяльний	3 2 1 0 1 2 3	Діяльний
11. Щасливий	3 2 1 0 1 2 3	Нещасний
12. Життєрадісний	3 2 1 0 1 2 3	Похмурий
13. Напружений	3 2 1 0 1 2 3	Розслаблений
14. Здоровий	3 2 1 0 1 2 3	Хворий
15. Нечуйний	3 2 1 0 1 2 3	Захоплений
16. Байдужий	3 2 1 0 1 2 3	Схвильований
17. Захоплений	3 2 1 0 1 2 3	Сумовитий
18. Радісний	3 2 1 0 1 2 3	Сумний
19. Я відпочив	3 2 1 0 1 2 3	Стомлений
20. Свіжий	3 2 1 0 1 2 3	Виснажений
21. Сонливий	3 2 1 0 1 2 3	Збуджений
22. Бажання відпочити	3 2 1 0 1 2 3	Бажання працювати
23. Спокійний	3 2 1 0 1 2 3	Стурбований
24. Оптимістичний	3 2 1 0 1 2 3	Песимістичний
25. Витривалий	3 2 1 0 1 2 3	Стомлюваний
26. Бадьорий	3 2 1 0 1 2 3	Млявий
27. Міркувати важко	3 2 1 0 1 2 3	Міркувати легко
28. Неуважний	3 2 1 0 1 2 3	Уважливий
29. Сповнений надій	3 2 1 0 1 2 3	Розчарований
30. Задоволений	3 2 1 0 1 2 3	Незадоволений

Рис. 4.1. Бланк тесту САН

Витяг з інструкції тесту САН: «Оцініть свій стан у день перевірки, поставивши на шкалі знак «Х» між протилежними за значенням характеристиками (у тому місці, яке для вас найбільшою мірою відображає співвідношення між цими якими в даний момент). Користуйтеся всім діапазоном клітинок, рідше — крайніми значеннями.».

Однією із широко застосовуваних на практиці психологічних методик є методика визначення характеристик уваги – так звана «червоно-чорна таблиця Шульте–Платонова», зображена на рис. 4.2.

Суть її полягає в тому, що людина повинна якнайшвидше розшукати розкидані у випадковому порядку цифри у визначеній послідовності.

22	7	20	23	21	17	15
7	9	15	6	11	18	23
19	14	2	4	19	3	10
5	18	10	8	17	13	6
13	5	16	1	24	25	12
20	1	3	8	24	9	22
16	12	21	11	14	2	4

Рис. 4.2. Приклад червоно-чорної таблиці Шульте–Платонова

В ергономічних дослідженнях широке застосування знайшла техніка антропометричних досліджень — вимірювання розмірів тіла людини та його частин.

Для вивчення умов діяльності й впливу їх на здоров'я людини використовуються фізичні, хімічні, фізіологічні, токсикологічні й інші методи гігієни праці.

Соціометричні методи дослідження, які використовуються в ергономіці міжособистісних відносин, дозволяють: виявити факт переваги або установки, виражені індивідом щодо інших членів групи у визначених ситуаціях керування й технічного обслуговування складних систем; описати положення індивіда в групі так, як воно уявляється самому суб'єктові, й зіставити це з реакціями інших членів групи; виразити взаємини усередині порівнюваних груп за допомогою формальних методів. Однією з розповсюджених методик дослідження сумісності членів малих груп є гомеостатична методика, що знайшла застосування в проектуванні групової діяльності операторів. Для цих цілей спеціально сконструйовано пристрій, названий гомеостатом.

4.2. Моделювання в ергономіці

Використання методу моделювання одержало розповсюдження в ергономічних дослідженнях і проектуванні. Модель виступає, з одного боку, засобом, а з іншого — предметом експериментального дослідження, який заміняє "справжній" об'єкт вивчення. Виділяють три види моделювання — фізичне, математичне й статистичне.

При фізичному виконується в певному масштабі модель робочого місця оператора або обладнання й на ній визначають, наскільки це місце відповідає певному контингенту працівників. Наприклад, до фізичних методів належить метод плоских манекенів.

При статистичному методі корисну інформацію одержують, аналізуючи статистичні дані за певний час.

Найбільш перспективним вважається математичне моделювання. В ергономіці воно сполучається з використанням інших методів.

Труднощі, з якими стикаються розроблювачі моделей, у першу чергу належать до алгоритмів та інформації, що вводиться. Найбільш важко піддаються визначенню змінні, особливо такі їх класи, як мотиваційні й когнітивні.

4.3. Методи відображення, опису й аналізу діяльності оператора

В ергономіці здійснюється активний пошук шляхів збору, систематизації й аналізу даних про діяльність оператора та системи «людина — машина» з метою подальшого їх використання у процесі проектування й оцінки СЛМ.

Сьогодні застосовується надзвичайно велика кількість методів відображення, опису й аналізу діяльності оператора, зокрема:

- вивчення технічної документації й 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 наведених методів.

Метод вивчення технічної документації й обладнання дає змогу ознайомитися із 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. За допомогою цього методу можна скласти загальне уявлення про завдання оператора, ступінь його складності, умови діяльності, режими роботи, характер помилок і професійних захворювань.

Метод спостереження за діяльністю оператора найефективніший тоді, коли діяльність оператора має переважно рухливий характер. Він дає змогу отримати відомості про такі аспекти діяльності оператора:

- джерела інформації;

- характер наведеної інформації: модальність сигналів, систем кодування, значущість інформаційного навантаження, особливості сприймання, вплив різних перешкод тощо;
- характер ведення керівних дій: особливості моторного входу, антропометричних і біомеханічних характеристик, опору органів управління й необхідних зусиль оператора в його робочій позі;
- рівень напруженості й втомленості оператора за його емоційними реакціями, поведінкою, рухами, концентрацією уваги тощо;
- зовнішні умови діяльності, які характеризуються ступенем впливу різних факторів: від санітарно-гігієнічних до розмірів функціональних приміщень.

Спостереження може проводитися візуально й 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 й пов'язані з цим технічні параметри системи, а також психофізіологічні характеристики самого оператора.

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

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: розв'язання додаткових, експериментальних задач, пов'язаних із сенсомоторними реакціями, арифметичними або логічними діями. При цьому діяльність оператора 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 їх виникнення, місця цих помилок у структурі діяльності, можливостей оператора щодо своєчасного їх виявлення й 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 й використовуються при аналізі діяльності оператора.

Метод експертних оцінок застосовують, коли неможливо скористатись об'єктивними методами. Для експертних оцінок вибирають досвідчених операторів, які мають відповісти на 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. Метод бесіди застосовують і як допоміжний до всіх інших методів.

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

Опис діяльності оператора на рівні системи застосовується за необхідності розкриття й відображення

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

Найбільш поширеним є *алгоритмічний опис*, який спирається на положення, що будь-яке управління здійснюється за допомогою переробки інформації, виконаної за відповідними правилами (алгоритмами). Поняття *алгоритм* визначається як сукупність елементарних актів переробки інформації з визначеною їх послідовністю, що забезпечують вирішення поставленого завдання.

Найпростішими складовими алгоритму вважаються оперативні одиниці, які використовуються людиною в її роботі як щось цілісне. Такими одиницями (елементарними діями) є: сприймання або витягування з пам'яті образів, понять, суджень, а також дії, прості або складні, які мають закінченість у діяльності людини.

Аналіз схеми алгоритму дозволяє отримати деякі кількісні характеристики трудової діяльності оператора.

Для успішного вирішення завдань в ергономіці розроблено ряд методологічних принципів. Виконання їх на практиці сприяє підвищенню результативності досліджень і розробок. Основними з цих принципів є наведені нижче.

Принцип гуманізації праці. При вирішенні найважливіших практичних питань, у тому числі й таких, як підвищення продуктивності, якості й ефективності праці, ергономіка виходить насамперед з вимог, пропонованих людиною до техніки й організації праці, з її можливостей і особливостей діяльності. Принцип гуманізації підкреслює також ведучу, творчу роль людини в процесі праці.

Протилежним йому є *принцип симпліфікації* (спрощення). За реалізації цього принципу прагнуть до максимального спрощення діяльності людини, з неї

видаляються усі творчі елементи, а сама людина зводиться до придатка машини, залишаючись виконавцем лише механічних дій і рухів.

Принцип активного оператора. Ергономіка визначає роль людини в СЛМ таким чином, щоб вона не була просто придатком машини, а здійснювала активні функції. Це викликано тим, що при пасивній позиції оператора його перехід до активних дій вимагає значної витрати сил, однак ефективність його роботи при цьому може виявитися невисокою. При активній же позиції оператора ефективність його діяльності досягає більш високого значення, а його психофізіологічні витрати виявляються меншими.

Принцип проектування діяльності. Проект діяльності має виступати як основа розв'язання всіх інших задач побудови СЛМ. Так само, як при розробленні СЛМ, проектуються технічні пристрої, необхідно спроектувати діяльність людини, що буде користуватися цими пристроями. До технічних пристроїв потрібно підходити як до засобів свідомої діяльності людини.

Принцип послідовності. Відповідно до нього виконання ергономічних вимог не повинне являти собою одноразовий захід щодо створення проекту діяльності оператора, а має бути забезпечене на всіх етапах існування СЛМ: проектування, виробництва й експлуатації.

Принцип комплексності. Реалізація цього принципу означає необхідність розвитку міждисциплінарних зв'язків ергономіки, взаємодії її з іншими науками про людину й техніку.

Контрольні запитання

1. Які є групи методів ергономіки?
2. Які є методологічні принципи ергономіки?
3. Які є методи в ергономіці?
4. Які є види моделювання в ергономіці?
5. Які є методи відображення, опису й аналізу діяльності оператора?

5. ДІЯЛЬНІСТЬ ОПЕРАТОРА В СИСТЕМІ «ЛЮДИНА—МАШИНА»

5.1. Трудова діяльність оператора з позицій ергономіки

З позицій ергономіки трудова діяльність розглядається як процес перетворення інформації й енергії, що відбувається в системі "людина — знаряддя праці — предмет праці — навколишнє середовище".

Мета діяльності людини-оператора задається, як правило, зовні й 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. Щоб уточнити межі діяльності, використовують термін «цикл діяльності», який визначається сукупністю дій для виконання певної трудової задачі (наприклад, провести поїзд між двома станціями або витримати швидкість поїзда на окремій ділянці шляху) або періодом безперервної роботи (зміна, вахта).

Нейрофізіологічною основою діяльності є функціональна система, теорія якої розроблена академіком П.К. Анохіним. Функціональна система являє собою організацію, що динамічно формується й вибірково поєднує різні центральні й периферійні апарати нервової системи на основі їхньої взаємодії для отримання необхідного для організму результату.

Діяльність людини залежить не тільки від нервової системи, а й від усього організму — серцево-судинної, дихальної, м'язової та інших систем. Функціональна система організує працездатність усіх органів тіла, підпорядковуючи їх основному завданню управління, й тому в усіх функціях організму певним чином відображаються всі її властивості. Параметри пульсу, артеріального тиску, дихання, м'язового напруження тощо є важливими для розуміння психологічних особливостей діяльності та її

нейрофізіологічних основ; ці показники широко використовують під час ергономічних досліджень.

Через те що операторська діяльність є основним предметом ергономічного дослідження, розглянемо її психофізіологічну сутність більш докладно.

Найбільш характерним для діяльності оператора є те, що він позбавлений можливості безпосередньо спостерігати за керованими об'єктами й змушений користуватися інформацією, яка надходить до нього по каналах зв'язку. Діяльність людини, котра виконується не з реальними об'єктами, а з їхніми заступниками або образами, які їх імітують, називають діяльністю з *інформаційними моделями* реальних об'єктів.

Інформаційна модель — сукупність інформації про стан і функціонування об'єкта керування та зовнішнього середовища. Вона є для оператора своєрідним імітатором, що відбиває всі істотно важливі для керування властивості реальних об'єктів, тобто тих джерел інформації, на основі яких він формує образ реальної обстановки, здійснює аналіз і оцінку сформованої ситуації, планує керуючі впливи, приймає рішення, які забезпечують правильну роботу системи й виконання покладених на систему задач, а також спостерігає й оцінює результати реалізації прийнятих рішень.

Розглянемо основні етапи діяльності оператора при розв'язуванні визначеної технологічної задачі або виконанні операції СЛМ.

Перший етап — сприйняття інформації.

Другий етап — оцінка інформації, її аналіз і узагальнення на основі заздалегідь заданих або сформованих критеріїв оцінки.

Третій етап — прийняття рішення, безпосередньо пов'язане з формуванням плану або програми діяльності. Ця програма будується з урахуванням тих технічних засобів, за допомогою яких вона реалізується.

Четвертий — реалізація прийнятого рішення. При цьому важливе значення має „зворотний зв'язок” —

інформація про результати зусиль, яка дозволяє за необхідності вносити потрібні корективи.

5.2. Види операторської праці

Операторська діяльність як особливий вид діяльності сформувалась у зв'язку з досягненнями науково-технічного прогресу, розвитком технічних систем і систем управління ними. Все це висуває нові вимоги до людини-оператора, пов'язані з прийманням і переробкою інформації, прийняттям відповідальних рішень у ситуаціях дефіциту часу.

Існують декілька підходів до класифікації типів операторів, серед яких два підходи є найбільш обґрунтованими та визнаними:

- 1) з акцентом на функціях оператора та підтриманні професійного здоров'я:
 - управлінський (евристичний);
 - диспетчерський;
 - сенсомоторний;
 - сенсорний;
- 2) з точки зору ергономічної структури діяльності:
 - оператор-технолог;
 - оператор-маніпулятор;
 - оператор-спостерігач, контролер;
 - оператор-дослідник;
 - оператор-керівник.

Розглянемо другий підхід докладніше.

1. Оператор-технолог. Він безпосередньо включений у технологічний процес, працює в режимі негайного обслуговування, виконує переважно виконавчі дії, керуючись при цьому інструкціями, які містять, як правило, повний набір ситуацій і рішень. Основними в його діяльності є функції формального перекодування й передачі інформації.

2. *Оператор-маніпулятор.* До функцій такого оператора належить керування маніпуляторами, роботами, машинами-підсилювачами м'язової енергії.

3. *Оператор-спостерігач, контролер.* До них належать оператори спостереження радіолокаційних станцій, диспетчери енергетичних, транспортних систем і т. п. Цей тип оператора є класичним, він найбільш досліджений і описаний у літературі. Для оператора-спостерігача характерний великий обсяг інформаційних потоків. Він може працювати як у режимі негайного, так і в режимі відстроченого обслуговування. До цього класу належить більшість залізничних операторів.

4. *Оператор-дослідник.* Для нього характерне використання апарату понятійного мислення й досвіду, закладених в образно-концептуальних моделях. До таких операторів відносять користувачів обчислювальних систем, дешифрувальників об'єктів або зображень і т. д.

5. *Оператор-керівник.* Він керує не технічними компонентами системи або машини, а іншими людьми. Таке керування може здійснюватися як безпосередньо, так і опосередковано — за допомогою технічних засобів і каналів зв'язку. Велике значення в його діяльності має облік не тільки можливостей і обмежень машинних компонентів системи, але й особливостей підлеглих. Основним режимом діяльності оператора-керівника є оперативне мислення.

За вищенаведеними позиціями, операторами залізничного транспорту є черговий по станції, поїзний диспетчер, маневровий диспетчер, черговий по відділенню, машиніст локомотива, начальник станції й інші оперативні працівники.

5.3. Показники якості функціонування СЛМ

Будь-яка СЛМ покликана задовольняти певні потреби людини або суспільства. Для цього СЛМ повинна мати низку властивостей, які закладаються під час її проектування і реалізуються у процесі її експлуатації. Властивість СЛМ — це

об'єктивна особливість, що виявляється в процесі експлуатації. Кількісна характеристика певної властивості системи має назву *показника якості СЛМ*, тобто кожна СЛМ має нескінченну множину властивостей, що визначають її якість. Під якістю розуміють сукупність властивостей, котрі характеризують ступінь придатності системи для використання її за призначенням, тобто її ефективність.

Участь людини-оператора у функціонуванні СЛМ зумовлює наявність специфічних властивостей, які визначають інтегральні характеристики зв'язку людини й машини в конкретних умовах зовнішнього середовища. Сукупність таких 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*. Інтегральна характеристика зв'язку між людиною й машиною забезпечується певними ергономічними властивостями системи, зокрема *швидкодією, точністю, надійністю й напруженістю діяльності оператора*.

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

$$T_u = \sum_{i=1}^k t_i, \quad (5.1)$$

де t_i — час обробки інформації в i -й ланці СЛМ;

k — кількість ланок СЛМ, у ролі яких виступають і технічні системи, і оператори.

Цикл регулювання — це проміжок часу, за який виникає відхилення у системі й відбувається його ліквідування, тобто система стає такою, як задано програмою.

З іншого боку, критерієм швидкодії є час розв'язання задачі, тобто час від моменту реагування оператора на надходження інформації до моменту закінчення керуючих дій оператора. Звичайно, цей час (t_{on}) прямо пропорційний кількості інформації, що переробляється оператором:

$$t_{on} = a + bH, \quad (5.2)$$

де a і b — константи, які мають певний фізичний зміст:
 a — прихований час реакції, що залежить від модальності сигналу й приблизно дорівнює 0,2 с;
 b — величина, обернена швидкості переробки інформації оператором, дорівнює 0,15 ÷ 0,35 с/біт;
 H — кількість інформації, біт.

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

$$t_{nep} = t_{чек} + t_{on}, \quad (5.3)$$

а тривалість циклу регулювання ($T_{ц}$) становить

$$T_{ц} = t_{nep} + \sum_{i=1}^n t_i, \quad (5.4)$$

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

Часові характеристики діяльності оператора в ергономіці 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.

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*.

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

Абсолютна похибка (Δa) — це різниця між виміряною (a_x) і реальною (a) величинами

$$\Delta a = a_x - a . \quad (5.5)$$

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

Відносна похибка (B) — це відношення абсолютної похибки до дійсного значення параметра, виражене у відсотках,

$$B = \frac{\Delta a}{a} \cdot 100\% . \quad (5.6)$$

Приведена похибка (γ) — це відношення абсолютної похибки до номінального значення параметра

$$\gamma = \frac{\Delta a}{a_n} . \quad (5.7)$$

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.

Надійність характеризується безпомилковою роботою оператора й визначається ймовірністю правильного розв'язання задач ($P_{оп}$). Для її підрахунку використовується формула

$$P_{оп} = \frac{m}{N}, \quad (5.8)$$

де m — кількість правильно розв'язаних задач;
 N — загальна кількість розв'язаних задач.

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».

5.4. Специфіка діяльності операторів залізничного транспорту

Особливий інтерес ергономіки на залізничному транспорті викликають професії операторського профілю, насамперед це стосується працівників локомотивних бригад і диспетчерських професій.

Працівники локомотивних бригад є однією з найбільш масових залізничних професій. Їхній внесок у забезпечення безпеки руху важко переоцінити. За деякими даними, до 70 % аварійних ситуацій з важкими наслідками виникає з їхньої вини. Це пов'язано насамперед з високим рівнем складності й відповідальності цієї діяльності, а також з тим, що допущену машиністом помилку практично ніхто виправити не може, що може призвести до найважчих наслідків. З огляду на все сказане, давно й наполегливо

ведуться роботи з підвищення надійності локомотивних бригад.

Психофізіологічний аналіз діяльності машиністів найповніше зроблений Л.С. Нерсесяном.

Надійність їхньої діяльності визначається двома складними комплексними явищами — власне трудовою діяльністю й функціональним станом машиністів. Специфіка їх трудової діяльності полягає в тому, що вона складається з декількох діяльностей, які протікають паралельно, зокрема із процесу власне водіння локомотива й контролю рухової установки. З психології добре відома закономірність, відповідно до якої виконання більш ніж однієї діяльності одночасно різко знижує її надійність. На це накладається велика відповідальність та ризикованість праці машиніста.

Стосовно функціонального стану важливим є те, що він визначає таку найважливішу для систем керування рухливими транспортними об'єктами характеристику, як *пильність*, котра особливо погіршується при станах монотонії, втоми, стресу.

Монотонія — це стан, викликаний одноманітністю сприйняття та дій і проявляється у вигляді сонливості, зниження волі та уваги, втоми. Такі прояви суттєво знижують надійність операторської праці. Актуальність стану монотонії пояснюється тим, що діяльність локомотивних бригад перенасичена монотонними факторами — мелькотінням шпал та стовпів, рівномірним гудінням двигуна, ритмічним погойдуванням та ін. Кожен з названих факторів при багатогодинному впливі може викликати стан монотонії, а їх сумісній дії надто важко протистояти і не кожний на це здатний; ситуація особливо погіршується сукупністю втоми й темного часу доби.

Поїзна робота висуває високі вимоги до працездатності різних аналізаторних систем організму машиніста, насамперед зорової, рухової і слухової. Внаслідок невеликого резерву часу для керуючих дій машиніст повинен за надзвичайно малий відрізок часу не тільки сприйняти відповідний сигнал, але правильно осмислити

його, прийняти правильне рішення й виконати необхідний руховий акт. Об'єкт основної уваги машиніста – стан шляху. Збільшення швидкості руху призвело до того, що час, який тепер має машиніст для прийняття рішень і виконання необхідних операцій, скоротився майже в три рази. Значно виріс темп обміну інформацією між рухливим транспортним об'єктом і людиною, яка ним керує. Інформаційне навантаження на машиніста залежить від складності системи керування локомотивом, поїзної обстановки, стану навколишнього середовища й зі збільшенням швидкостей руху може досягти граничних значень пропускну здатності людини. Завантаження збільшує й недосконалість локомотивної системи контролю енергетичних установок, що найчастіше виявляється при виникненні несправностей, які переривають нормальний хід робочого процесу.

Навіть добре знаючи ділянку шляху, машиніст не гарантований від непрогнозованих випадків, невизначеність яких (у тому числі й тимчасова) досить велика. У деяких ситуаціях особливого значення набуває здатність виконувати швидкі й точні керуючі дії: при раптових змінах сигналів, появі перешкод на шляху, обривах контактного проводу, різких змінах напруги в контактній мережі й ін., що висуває до машиніста високі специфічні вимоги (наприклад, знаходити на дотик потрібний тумблер). Деяке збільшення м'язового навантаження спостерігається на ділянках зі складним профілем колії.

Часто запобігання аварійної ситуації залежить від того, наскільки точно машиніст на ходу поїзда визначить відстань до раптової перешкоди. Отже, для успішної діяльності йому має бути притаманне спеціалізоване сприйняття часу й простору.

Безперервна зорова оцінка довжини різних ділянок шляху часто здійснюється у вкрай несприятливих умовах: уночі, у дощову погоду тощо. Особливу значущість точна зорова оцінка відстані має у випадках екстреного гальмування. Для безпеки руху велике значення має розрахунок гальмового шляху. Довжина його визначається

технічним станом гальмових механізмів, складом, масою й швидкістю потяга. Але точність розрахунку залежить від функціонального стану машиніста, його досвіду й кваліфікації. Для систем керування рухливими транспортними об'єктами характерним є особливий психічний стан людини-водія — пильність, яка залежить від великого числа різноманітних факторів.

Наприклад, наростанню стомлення локомотивної бригади і, як результат зниженню пильності, сприяють різкі коливання температури в кабіні машиніста під час зміни пори року, її перепади на рівні ніг і голови, зміна швидкості руху повітря в кабіні. Особливо сильні впливи цих змін відчують машиністи швидкісних локомотивів. Зорова інформація сприймається на тлі інтенсивного набігання шляху, мелькотіння шпал, що дуже стомлює локомотивну бригаду. Враховуючи те, що в загальному обсязі сприйманої машиністом інформації корисна складає лише 1,5 %, розглядається питання про доцільність обмеження поля зору машиніста.

Велике значення для збільшення надійності керування транспортними об'єктами має розміщення устаткування, компонування пульта керування й естетичне оформлення кабіни, а також забезпечення оптимального поля зору машиніста.

Багато сил і часу працівники локомотивних бригад витрачають на вивчення матеріальної частини. У зв'язку з цим ставиться питання переходу згодом на виключно водійську діяльність, як це зроблено в багатьох європейських країнах. Питання з технікою повинні вирішувати техніки, а машиніст стати тільки водієм. Це тим більш актуально з переходом на швидкісний рух, де від машиніста потрібні неординарні якості водія.

Другу велику групу працівників операторського профілю складають працівники диспетчерського профілю. *Диспетчер* походить від англійського слова *dispatch* — швидко керувати. До них належать чергові по станції, поїзні диспетчери, чергові по гірці, енергодиспетчери і т. п.

Головна вимога до диспетчера — забезпечення необхідного рівня надійності, оскільки помилка в керуванні транспортними засобами нерідко загрожує великими матеріальними й людськими втратами.

Керуюча діяльність диспетчера в ергатичних системах тісно пов'язана з умовами, в яких вона здійснюється. Ці умови часто не підлягають чіткому визначенню, вони мінливі й залежать від багатьох причин. Їх можна розбити на три групи.

Першу групу складають зовнішні умови, залежні від прояву впливів зовнішнього середовища, — це інформація про рух поїздів, режим роботи диспетчера, мікроклімат на його робочому місці, кількість і складність задач, що він розв'язує, та ін. До другої групи належать умови, які характеризують технічну частину системи: ступінь відповідності інформаційної моделі керованому об'єкту, естетичні характеристики пульта керування, надійність технічних засобів, їхнє узгодження з психофізіологічними характеристиками людини — це так звані технічні умови. Третю групу умов складають особистісні фактори, насамперед психофізіологічні. Вони безпосередньо пов'язані з людиною. Крім них, до цієї групи належать морально-етичні й соціально-демографічні фактори (вік, стать, соціальний стан), а також фактори, пов'язані з професійною підготовкою (ступінь навченості, стаж і досвід роботи).

Багато факторів і умов цілком конкретні, їх можна врахувати, на них можна впливати. Менш за все вивчені умови, які значно впливають на характер діяльності диспетчера — на його завантаження.

Усю роботу диспетчера можна розділити на три етапи: одержання інформації, прийняття рішення й видача команд.

Інформаційне завантаження на напружених ділянках вкрай ущільнено: загальна кількість операцій з приймання й передачі інформації (а це вимагає постійного переключення уваги), сприйняття повідомлень і віддавання команд за 12-годинну зміну складають 1500—2500, тобто в середньому 2—4 за 1 хв, максимально до 7 за 1 хв. До диспетчера майже безупинно надходять повідомлення про

різні зміни експлуатаційної обстановки на ділянці. Також безупинно, швидко орієнтуючись в обстановці, що складається, й переробляючи велику кількість інформації, він повинен приймати найкращі рішення, вчасно й точно здійснювати регульовальні заходи. Для цього диспетчер повинен мобілізувати творчі здібності, найскладнішу аналітико-синтетичну діяльність центральної нервової системи. Приймати інформацію й реагувати на неї доводиться в умовах дефіциту часу, що змушує організм працювати на межі фізіологічних можливостей. Це призводить до того, що диспетчер пропускає дії алгоритму, порушує їхню послідовність, утрачає до 40 % інформації і помилково впливає на органи керування. Він напружує зір і слух, щоб помітити й розрізнити світлові й звукові сигнали. Хронометраж показав, що диспетчери до 95 % робочого часу практично без перерви зайняті прийманням і передачею інформації. З фізіологічної точки зору, потік інформації, що сприймається людиною, являє собою масу подразників, які сигналізують про ті або інші явища у сфері виробничого процесу. У зв'язку з цим до організму людини, яка працює в системі керування, висуваються серйозні вимоги. Між обсягом інформації, що людина здатна переробити в процесі керування, і її фізіологічними можливостями немає прямої залежності. На цю залежність впливають спосіб подання інформації і функціональний стан самої людини. Основне навантаження в процесі роботи диспетчера припадає на вищу нервову діяльність і зоровий аналізатор. Сполучення великого розумового навантаження з часто повторюваними емоційними порушеннями викликає перенапругу нервових процесів. Отже, фізіологічну сутність диспетчерської праці характеризують:

- велика напруга ряду аналізаторів (особливо зору й слуху) і центральної нервової системи;
- яскраво виражені емоційні переживання;
- перевага розумових процесів у складному комплексі нервової діяльності.

Розумова творча діяльність людини значною мірою залежить від її емоційного стану, а робота диспетчерів проходить на насиченому емоційному тлі. Відповідальність за життя людей і схоронність вантажів, що перевозяться по залізниці, обумовлює високу емоційну напругу під час чергування. Чим складніше поїзна обстановка на ділянці, чим більше допущено помилок, тим частіше виникають різні, аж до спалахів афекту, емоційні процеси. А це різко ускладнює й без того напружену роботу, сильно впливає на розумову діяльність. Через очікування всіляких порушень у роботі системи диспетчери змушені знаходитися в постійній напрузі й до кінця зміни більшість із них мають дуже високий ступінь стомлення. Особливо небезпечним є накопичення залишкового стомлення, коли оператор починає роботу, не встигнувши відновитися після попередньої зміни. Постійна напруга та взагалі будь-які психологічні подразники, що виводять із рівноваги, не тільки ведуть до стомлення, але й значно знижують надійність роботи оператора.

Вищенаведені фактори разом з гіподинамією (нестачею фізичних навантажень) призводять до того, що через визначене число років роботи більшість з диспетчерів мають хронічні захворювання. Дуже незначна частина працюючих спроможні підтримати своє здоров'я систематичними заняттями фізичною культурою, тому багато диспетчерів не доживають до пенсійного віку.

Диспетчер позбавлений можливості спостерігати об'єкти керування безпосередньо й користується інформацією, що надходить до нього по каналах зв'язку. Отже, він взаємодіє з інформаційною моделлю, яка передає йому всі істотно важливі зміни, що відбуваються на реальному об'єкті. У зв'язку з цим значно збільшилися розміри диспетчерських табло й пультів керування МРЦ (маршрутна релейна централізація) на станціях. Відомо, що широко застосовувані сьогодні мнемосхеми — далеко не кращий спосіб подання інформації. Виявляється, що коли диспетчерові потрібно звернутися лише до

3-4 інформаційних точок мнемосхеми, він змушений фіксувати погляд на 40 точках.

Зараз усе більше застосовуються монітори комп'ютерів, при цьому велике значення має форма подавання інформації. Доцільно впроваджувати принципи інтегральних індикаторів, приклади яких розроблені для авіації і підводних човнів. Вони „спресовують” інформацію, дозволяючи операторові значно швидше її сприйняти і відповідно прийняти правильне рішення.

5.5. 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. Умовно елементи виробничого середовища поділяють на чотири групи факторів:

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

– *соціально-психологічні*, які породжені соціально-економічними відносинами в суспільстві, на виробництві, міжособистісними стосунками й створюють певний соціально-психологічний клімат;

– *естетичні*, що зумовлюють естетичне ставлення до процесу виробництва й самої праці;

– *санітарно-гігієнічні*, які характеризують зовнішнє середовище й впливають на працездатність людини.

Зовнішнє середовище робочого місця оператора залежить від таких факторів:

– метеорологічних умов різних кліматичних зон, у яких відбувається професійна діяльність оператора (на півдні чи півночі, в долині чи горах і т. п.);

– мікроклімату й газового складу повітря в приміщенні (температура, вологість і швидкість переміщення повітря, вміст кисню й двооксиду вуглецю тощо);

– використання й експлуатація різних технічних засобів, пристроїв, агрегатів (шуми, вібрація, випромінювання, токсичні домішки тощо).

Для раціонального врахування всіх вищенаведених факторів у розробленні СЛМ суттєве значення має їхня класифікація. Зовнішнє середовище робочого місця оператора визначається дією двох груп факторів — *фізичних* і *хімічних* (рис. 5.1).

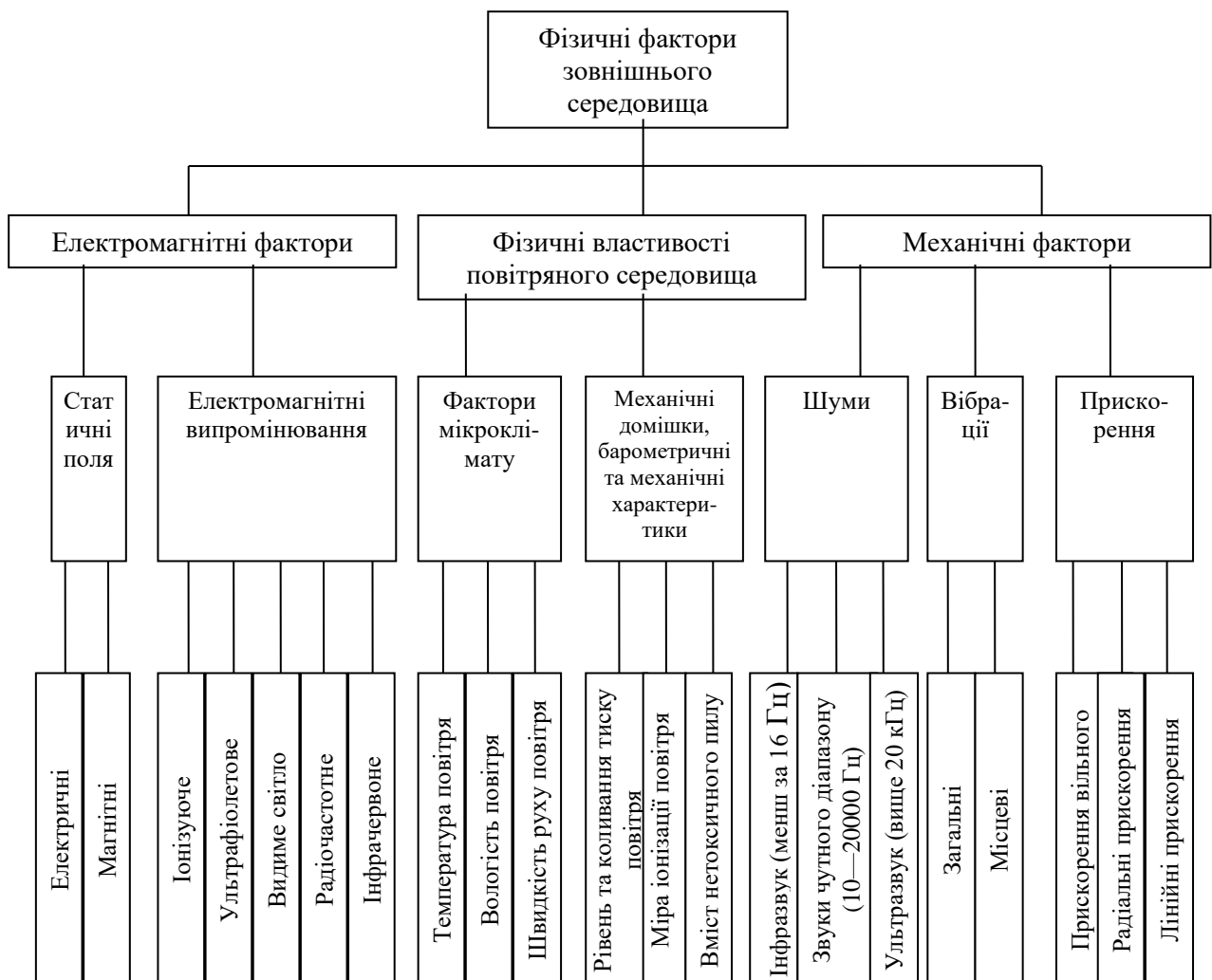


Рис. 5.1. Фізичні фактори середовища

У проектуванні СЛМ слід враховувати й 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 дозволяє людині працювати при довготривалій 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.

Фактори виробничого середовища можуть впливати на стан і ефективність діяльності оператора не тільки безпосередньо, а й опосередковано.

Найповніший перелік нормованих факторів зовнішнього середовища й конкретні значення норм містяться у санітарно-гігієнічних вимогах і документах. Зараз діють понад 40 Держстандартів інженерно-психологічного й ергономічного спрямування.

При створенні певного мікроклімату в робочих приміщеннях необхідно враховувати, що невідповідність нормативам температури негативно впливає на психологічні функції людини, зокрема зменшується обсяг оперативної пам'яті й погіршується здатність до побудови асоціацій та виконання розрахункових операцій.

Результати роботи оператора значною мірою залежать від освітлення робочих місць. Крім освітлення, мають значення колір стін, спектральний склад самого світла, а також вид контрасту подання інформації, що використовується. Від кольорового рішення інформаційної

панелі також залежить надійність приймання інформації оператором.

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

Шум може викликати певні захворювання, впритул до серцево-судинних.

Одним із основних механічних факторів виробничого середовища є 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.

Останнім часом до факторів, що негативно впливають на здоров'я операторів, дедалі частіше відносять високочастотні електромагнітні поля (ЕМП), у тому числі від мобільного телефону. Є дані, що використання його в активному режимі більш ніж 15 хв на добу може призвести до серйозних проблем зі здоров'ям.

На життєдіяльність людини впливає газовий склад повітря. Зниження вмісту кисню до 16 % і менше та збільшення частки двооксиду вуглецю до 3 % і більше може призвести до поганих наслідків (впритул до втрати свідомості).

У цілому ж треба розглядати у взаємозв'язку ергономічні параметри фізичного середовища на виробництві й відповідні характеристики технічних засобів діяльності оператора — це й буде реалізацією комплексного підходу до оптимізації трудової діяльності.

5.6. Фактори трудової діяльності оператора

Працездатність людини значно залежить від її психофізіологічного стану. Дослідження показують, що системи органів людини не в змозі забезпечити рівномірний рівень працездатності й для неї характерні періодичні коливання (біологічні ритми). Найбільш вираженим є так званий *циркадний* (добовий) ритм. Періоди його складають близько 24 год. Зміна фаз сильної й слабкої фізіологічної активності винятково важлива при формуванні умов праці. На біологічний ритм впливають зміна денного й нічного освітлення й інші фізико-хімічні явища навколишнього середовища. На коливаннях працездатності також позначаються соціологічні й психологічні явища.

Характер кривої (рис. 5.2) показує, що при 24-годинному циклі виділяються дві фази з максимальною працездатністю — в передобідні години й потім через якийсь час після обіду, і дві фази з мінімальною — під час обіду й вночі.

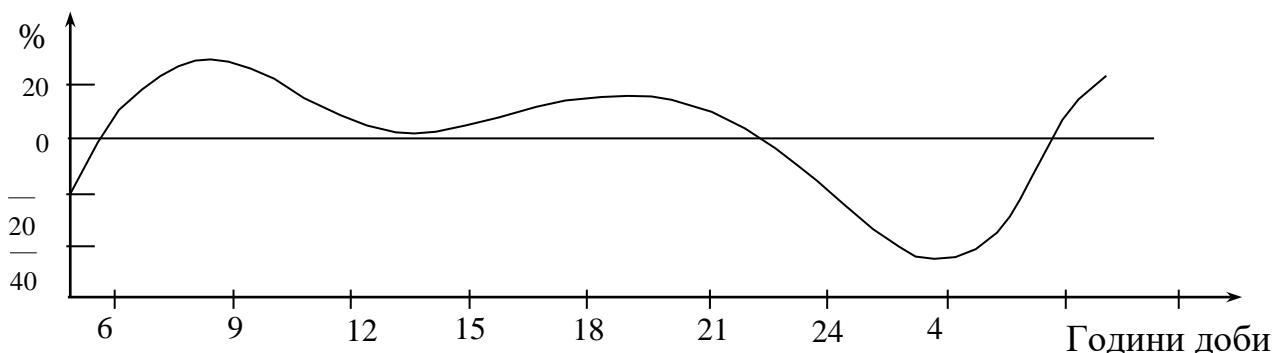


Рис. 5.2. Добові коливання працездатності людини

Коливання працездатності протягом робочого дня характеризуються підйомом і спадом. Спад працездатності — зворотний процес. Фактори, що впливають на нього, втрачають дію після відпочинку. Для ергономістів важливо, що відчуття відпочинку може наступити порівняно швидко,

але повне відновлення сил вимагає досить тривалого часу (рис. 5.3).

Період спаду працездатності настає при будь-якій діяльності, тому важливо вміти контролювати його, домагаючись повного відновлення працездатності. Характер фізичних і нервово-психічних навантажень на людину під час трудової діяльності дозволяє розділити роботу, яку вона виконує, на чотири основні категорії: легку, середню, важку й дуже важку

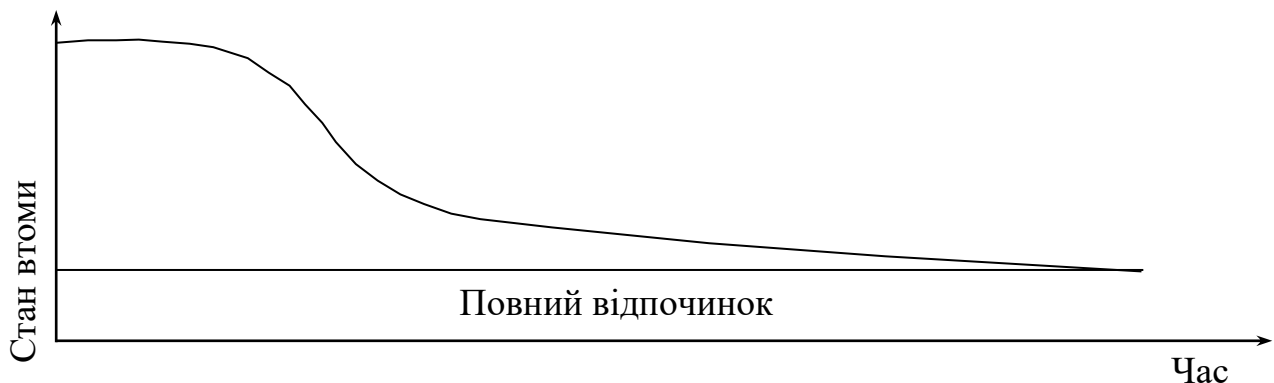


Рис. 5.3. Графік повного відновлення сил людини

Роботу легку й середню людина може виконувати протягом усього робочого часу без помітної втоми. Важка робота вимагає скорочення часу роботи й обмеження функцій, дуже важку роботу (особливо в екстремальних умовах) можна виконувати досить обмежений час.

Робота з індивідуального плану за емоційним навантаженням належить до легкої, за графіком із можливим коригуванням — до роботи середньої важкості. Робота при дефіциті часу й підвищеній відповідальності — важка. Якщо робота супроводжується особистим ризиком, небезпекою й відповідальністю за безпеку інших осіб — емоційно дуже важка.

На процес праці впливають перерви в роботі. Вони необхідні для відновлення працездатності й досягнення рівномірної високої продуктивності праці. Ефективність перерв залежить від їхнього числа, часу й тривалості, що

визначається специфікою праці. Найдоцільніше влаштовувати перерви перед значним зниженням працездатності.

Втрата робочого часу під час перерви відшкодовується, як правило, підвищенням працездатності після неї, завдяки чому можна зберегти відносно постійну працездатність.

Досвід показує, що шість пауз по 1,5 хв протягом 8-годинної зміни збільшують випуск продукції на 6,4 %, а шість пауз по 3 хв — на 11,1 %.

Чим більшим є відхилення умов зовнішнього середовища від оптимальних, тим швидше настає стомлення й знижується працездатність. Матеріальні фактори зовнішнього середовища викликають відповідні фізіологічні реакції людини. Різні фізичні й хімічні фактори середовища діють одночасно, при цьому їхній вплив на людину може взаємно підсилюватися або послаблятися.

Усі шляхи й способи, що віддаляють стомлення, поділяють на специфічні й неспецифічні. До *специфічних* належать підготовка оператора до професійної діяльності й раціональна організація робочого процесу (організація робочого місця і прийоми й навички, що відповідають фізіологічним особливостям систем організму). *Неспецифічні* способи підтримки працездатності пов'язані в основному не з особливостями праці, а з вихованням і загальною фізичною підготовкою людини.

Одним з важливих фізіологічних заходів щодо зняття стомлення є правильний режим праці й відпочинку. Чергування періодів роботи й перерв для відпочинку має бути обґрунтоване фізіологічно й психологічно. При організації відпочинку необхідно враховувати особливості відновлення функціонального стану після роботи. Якщо до кінця роботи стомлення було значним, то в першу годину відпочинку стан організму не змінюється, відновлення відбувається поступово. При цьому в першу чергу відновлюється робота органів, що забезпечують життєво важливі функції.

Організація відпочинку повинна визначатися характером роботи, а також умовами побуту людини й її схильностей.

Наприклад, при зосередженій роботі з підвищеною увагою рекомендуються короткі, але часті перерви, тому що тривалі можуть призвести до втрати ритму.

Такі ж перерви необхідні і при тривалій монотонній праці, однак у період підвищеної працездатності вони повинні бути більш короткими, а після появи втоми — більш тривалими.

Досвід показує, що найбільша кількість нещасних випадків відбувається перед обідньою перервою або наприкінці робочої зміни, крім того, виробничий травматизм значною мірою обумовлений і психологічними причинами. Відомо, що більше 80 % нещасних випадків відбувається з вини самого потерпілого, тому у створенні безпечних умов праці особлива увага повинна приділятися особистим якостям працівника та його функціональному стану.

5.7. Організація раціональних режимів трудової діяльності

Питання раціональної організації трудової діяльності операторів і в першу чергу режимів праці й відпочинку виділені в ергономіці в особливу групу так званих *організаційних* факторів.

Основною задачею раціональної організації діяльності є забезпечення стабільного необхідного рівня працездатності протягом заданого часу, профілактика стомлення й перевтоми, збереження здоров'я людини. Головний показник, на який орієнтується ергономіка при визначенні режиму праці й відпочинку, — працездатність людини та її зміни в процесі самої роботи й відпочинку.

Працездатність оператора не є постійною протягом робочого дня.

Можна виділити три фази працездатності (рис. 5.4). Перша фаза являє собою період вроблювання, який може тривати від декількох хвилин до години. Тут можливі варіанти „екстреного” та „тонкого” входження, що відповідає ділянкам 1—2 на рис. 5.4.

Період вроблювання характеризується постійним підвищенням усіх показників роботи оператора (зменшення помилкових дій і часу виконання ним роботи, підвищення точності дій і стабільності результатів роботи). Фізіологічний зміст цього періоду зводиться до формування робочої домінанти.

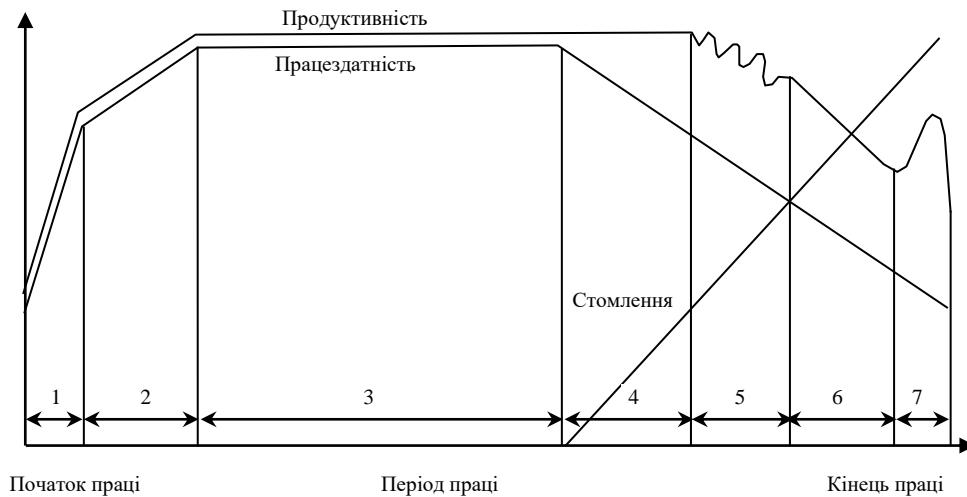


Рис. 5.4. Добові коливання працездатності людини

Домінанта характеризується тим, що нервові центри, які регулюють робочі функції організму, поступово поєднуються в єдину функціональну систему. Період вроблювання (особливо в умовах роботи за пультом керування) характеризується особливо високою нервово-психічною напругою.

Другою фазою є період оптимальної працездатності (ділянка 3). Він характеризується відносно стабільними, найкращими для даних умов результатами роботи оператора. Тривалість цього періоду залежить від ступеня важкості й напруженості роботи, ступеня тренуваності й інших особистих якостей оператора. Для більшості видів операторської діяльності цей період складає 3—4 год.

Третьою фазою працездатності є період стомлення. У фазі розрізняють кілька періодів. Період повної й стійкої компенсації стомлення (ділянка 4): стомлення, що

з'явилося, встановлюване за об'єктивними й суб'єктивними показниками, дещо знижує максимальні можливості організму, однак їх ще вистачає, щоб волевим зусиллям зберегти продуктивність праці на колишньому рівні.

Період хитливої компенсації (ділянка 5): стомлення зростає, рівень максимальних можливостей продовжує знижуватися. Інтенсивність волевої напруги коливається й при її ослабленні продуктивність праці знижується. У цей момент підвищується імовірність того, що людина може припуститися помилки. Таким чином, у період хитливої компенсації виконувати роботу протипоказано з двох основних причин: через можливість нагромадження рівня стомлення й переходу в перевтому й через зниження надійності працівника в системі «людина — машина».

Період стійкого зниження продуктивності праці (ділянка 6): стомлення, яке підсилюється, настільки знижує максимальні можливості організму, що волевим зусиллям людина вже не здатна зберігати заданий рівень продуктивності навіть на короткі інтервали часу.

У цей період, обумовлений виснаженням енергетичних можливостей працюючих органів і розвитком процесу гальмування, працездатність оператора поступово знижується. У першу чергу знижується працездатність органів і систем, що безпосередньо забезпечують виконання даної діяльності. Так, наприклад, в операторів радіолокаційних станцій насамперед розвивається стомлення зорового аналізатора, у радистів-операторів — слухового. В операторів, які працюють у режимі очікування сигналу, у першу чергу порушуються функції уваги. При цьому можливе короткочасне підвищення продуктивності, так званий „кінцевий порив” (ділянка 7).

Початок активного розвитку стомлення повинен збігатися із закінченням робочого дня (робочої зміни) оператора.

Дуже впливає на працездатність оператора чіткий ритм виробничого процесу. Він має особливо велике значення в тих випадках, коли активна робота оператора безперервна

за характером. Якщо така робота переривається, то входження в роботу (період вроблювання) повторюється кожного разу. У результаті неекономічності роботи й підвищеної нервово—психічної напруги в період вроблювання знижується загальний рівень працездатності й швидше настає стомлення.

Усунення змушених перерв — не єдиний засіб зробити роботу ритмічною й знизити тим самим стомлення. Іншим проявом ритмічності є робота без ривків, без затримки й прискорення її темпу. Ознакою ритмічності є стабільність часу виконання однотипних завдань за пультом керування. Досвід показує, що у більш підготовлених операторів стабільність значно вище, ніж у менш підготовлених. Уміння рівномірно витрачати психофізіологічні ресурси організму є однією з ознак професійної витривалості, а отже, й більш ефективної роботи.

Оцінка стабільності може проводитися за допомогою дисперсії часу виконання однотипних завдань. Крім того, для визначення ступеня неритмічності може використовуватися коефіцієнт неритмічності K_{np} , що розраховується за формулою

$$K_{np} = \frac{\tau_{\max} - \tau_{\min}}{\bar{\tau}_{on}}, \quad (5.9)$$

де τ_{\max}, τ_{\min} — відповідно максимальне й мінімальне значення часу виконання однотипного завдання;

$\bar{\tau}_{on}$ — середнє значення цього часу.

Розглядаючи фізіологічну характеристику праці оператора, необхідно зупинитися й на впливі операторської діяльності на організм людини. Визначальними тут є два фактори. По-перше, операторська праця пов'язана, як правило, з підвищеними нервово-психологічними

перевантаженнями. По-друге, вона характеризується досить обмеженою руховою активністю.

Необхідно пам'ятати, що людина не любить крайностей: вона почуває себе незручно як при дефіциті, так і при надлишку часу, вона погано працює як при нестачі інформації, так і при надмірно великій її кількості, як при дуже яскравому освітленні, так і в темряві, як при великому шумі, так і в повній тиші; вона не справляється з роботою, коли та вимагає як надмірних фізичних витрат, так і незначної витрати енергії й сили. Аналіз роботи операторів дозволив виявити, що найбільший вплив на її ефективність має функціональний стан працюючих. Тому необхідно знати припустимі відхилення фізіологічних і психологічних показників від норми.

Гіподинамія (брак фізичної активності) сьогодні є однією з найбільш актуальних професійних шкідливих впливів. Тривала гіподинамія не тільки знижує працездатність, але й призводить до захворювань, прискорює процес старіння. Якщо нестача фізичної активності не компенсується в неробочий час, то негативний вплив гіподинамії підсилюється. Сполучення її з нервовим напруженням має вкрай несприятливий вплив на цілий ряд фізіологічних функцій. Нервово-емоційна напруга призводить звичайно до підвищення енергетичних витрат організму. У процесі тривалого еволюційного розвитку склалися визначені механізми реагування організму на зовнішнє середовище: нервово-психічна напруга пов'язана з виділенням гормонів стресу (адреналін, норадреналін та ін.), що викликає мобілізацію всіх ресурсів організму. Така напруга звичайно передувала й супроводжувалась активною м'язовою роботою (переслідування здобичі, рятування від ворога й т. д.). При цьому гормони стресу досить швидко нейтралізуються й організм повертається в стан спокою. Але оператор змушений годинами залишатися в одній робочій позі при мінімальній фізичній активності. Це призводить до того, що стан напруги продовжується довгий час, дуже шкідливо

впливаючи на здоров'я. Багаторазове повторення такої ситуації може призвести до порушень як самої центральної нервової системи, так і регульованих нею фізіологічних функцій.

Особливо сильно від гіподинамії страждає серцево-судинна система. Проведені дослідження ряду операторських професій показують, що в процесі роботи за пультом керування збільшується кров'яний тиск (особливо нижній показник), частота серцевих скорочень, змінюється електрична активність серця. Відбуваються порушення ряду ендокринних функцій, що також впливає на серцево-судинну систему (наприклад збільшується кількість адреналіну й цукру в крові). Виявлено, що всі ці зміни тим більші, чим більший стаж роботи людини на операторських професіях.

Для зменшення цих небажаних наслідків операторської праці необхідно передбачити цілий ряд спеціальних заходів. До них насамперед належать: розроблення раціональних режимів праці й відпочинку; введення в діяльність оператора визначеної рухової активності (наприклад виробничої гімнастики); правильне й своєчасне харчування з застосуванням спеціально підібраних харчових стимуляторів (наприклад виноградно-вітамінні суміші); проведення спеціального тренування операторів. Багато цих питань необхідно вирішувати вже на стадії проектування СЛМ.

Контрольні запитання

1. Що таке функціональна система?
2. Що таке інформаційна модель?
3. Які основні етапи діяльності оператора?
4. Які види операторської праці ви знаєте?
5. У чому специфіка діяльності локомотивних бригад?
6. У чому специфіка діяльності залізничних диспетчерів?
7. Які є групи факторів виробничого середовища?
8. Як змінюється працездатність оператора протягом робочого дня?

6. ПРИЙМАННЯ ТА ПЕРЕРОБКА ІНФОРМАЦІЇ ОПЕРАТОРОМ

6.1. Нервові аналізатори

Діяльність оператора з управління починається з приймання довідкової інформації про об'єкт управління. Фізіологічною основою приймання інформації є робота нервових аналізаторів, до яких відносять органи, за допомогою яких людина сприймає сигнали зовнішнього світу й аналізує їх. Головні аналізатори людини такі: зоровий, слуховий, тактильний, смаковий, нюховий, кінестетичний, вестибулярний, температурний.

Будь-який з аналізаторів складається з трьох основних частин: рецептора, передавальних нервових шляхів і центра в корі великих півкуль головного мозку (рис. 6.1).

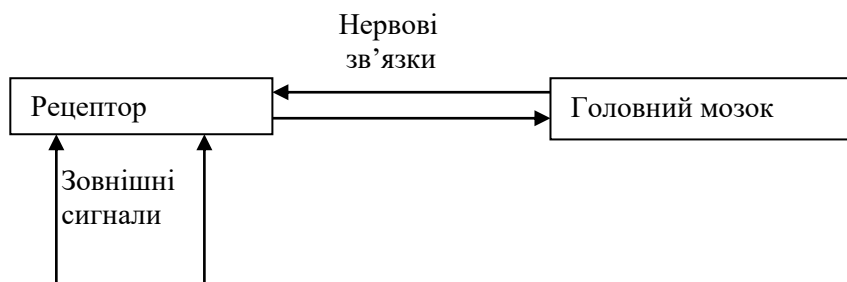


Рис. 6.1. Функціональна схема нервового аналізатора

Рецептор — це нервова клітка, що перетворює енергію подразника на нервовий процес. Рецептор має вузьку спеціалізацію й реагує на сигнали певної модальності (вигляду), тобто світлові, звукові й ін. Між рецептором і мозком існує прямий та зворотний зв'язок, тобто рецептор виконує функції як кодування, так і декодування інформації.

Виділяють такі загальні характеристики аналізаторів:

- чутливість;
- адаптивність;
- вибірковість.

Чутливість основних аналізаторів до дії фізичних та хімічних подразників є досить значною та різною й характеризується абсолютним, диференціальним та оперативним порогами.

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

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

$$E = \frac{1}{I_n}, \quad (6.1)$$

де I_n — порогова величина аналізатора.

За допомогою аналізаторів людина може не тільки відчувати той чи інший сигнал, а й розрізнати їхню інтенсивність. Для цього вводиться поняття *диференціальний поріг*, який характеризується мінімальними відмінностями відчуттів при відображенні інтенсивності двох подразників. Для окремих відчуттів диференціальні пороги чутливості залишаються майже незмінними щодо значення первинного подразника:

$$\frac{\Delta I}{I} = K, \quad (6.2)$$

де K — коефіцієнт пропорційності;
 I — вихідна сила подразника;
 ΔI — диференціальний поріг.

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

На базі знайденої закономірності був запропонований основний психофізіологічний закон Вебера–Фехнера, згідно з яким інтенсивність відчуття E прямо пропорційна логарифму сили подразника:

$$E = k \cdot \lg R + c, \quad (6.3)$$

де R — сила подразника;
 k та c — константи.

Адаптивність називають можливість зміни чутливості аналізатора при змінах умов його роботи.

Вибірковість — здатність вибирати певні подразники з усіх, що діють у даний момент.

6.2. Характеристики зорового аналізатора

Основну кількість інформації (до 90 %) оператор сприймає через зоровий аналізатор. Його подразником є світлова енергія, а рецептором — око. Зір дозволяє сприймати форму, колір, яскравість та рух предметів.

Око працює за принципом фотографічної камери, в якій роль об'єктива виконує кришталік. Світлові промені, проходячи крізь кришталік, переломлюються й створюють зменшене відображення на внутрішній стінці очного яблука (сітківці). На сітківці знаходяться світлочутливі нервові закінчення (рецептори) двох видів — колбочки та палички. Рецептори перетворюють падаючий на них світловий потік на нервові імпульси, які по зоровому нерву передаються до мозку. При цьому колбочки — це механізми кольорового зору, а палички — чорно-білого.

Палички не розрізняють кольори, але вони більш чутливі й відіграють головну роль при недостатньому освітленні. Звідси прислів'я про те, що «вночі усі кішки сірі» (оскільки кольоровий зір при такому рівні освітленості не працює).

Можливості зорового сприйняття визначаються енергетичними, просторовими, часовими та інформаційними характеристиками сигналів, що поступають. Сукупність характеристик та їх числові значення визначають видимість об'єкта (сигналу) для ока.

Енергетичні характеристики зорового аналізатора визначаються потужністю (інтенсивністю) світлових сигналів, які сприймаються оком. До них належать діапазон яскравості, що сприймає око, контрастність, світловідчуття.

Яскравість об'єкта визначається за формулою, кд / м²,

$$B = \frac{I}{S \cos \alpha}, \quad (6.4)$$

де I — сила світла, тобто світловий потік, який випромінюється в поодинокому тілесному куті, кд;

S — площа освітленої поверхні, м²;

α — кут зору, під яким розглядається ця поверхня, град.

Контрастність між об'єктом розрізнення й фоном теж зумовлює ефективність приймання інформації оператором. Розрізняють два види контрасту: прямий і зворотний.

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*

$$K_{\text{пор}} = \frac{dB_{\text{пор}}}{B_{\phi}}, \quad (6.5)$$

де $dB_{\text{пор}}$ — порогова різниця яскравості, тобто мінімальна різниця яскравості між об'єктом і фоном, яка відчувається оком, кд / м²;

B_{ϕ} — яскравість фону, кд / м².

Величина $K_{пор}$ визначається диференціальним порогом. Для оперативного порога величина повинна бути в 10 - 15 разів більша за диференціальний поріг, тобто коефіцієнт контрасту $K_{пр}$ чи $K_{зе}$ повинен бути в 10...15 разів більшим за диференціальний поріг.

До того ж величина порогового контрасту залежить від яскравості та розміру об'єкта. Аналіз свідчить, що об'єкти великого розміру добре сприймаються і за меншим контрастом.

Значний вплив на ефективність сприймання інформації має характер зовнішнього освітлення. Вплив буде різним при роботі оператора з інформацією, яка подається у прямому чи зворотному контрасті. Збільшення освітлення за прямим контрастом поліпшує умови сприймання інформації, оскільки яскравість фону зростає більше, ніж яскравість об'єкта, а за зворотним контрастом — навпаки. Величина порогового контрасту залежить і від часу експозиції інформації.

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

Відносна видимість. Око людини сприймає електромагнітні хвилі діапазону 380...760 нм, але має різну чутливість до хвиль різної довжини. Найбільша чутливість ока знаходиться в діапазоні 500...600 нм (жовто-зелений колір). Для забезпечення однакового зорового відчуття сигналів різного кольору необхідно, наприклад, потужність синього випромінювання збільшити у 16,6 разу, а червоного — в 9,3 разу порівняно з жовто-зеленим кольором. Підвищення потужності сигналів можна забезпечити за рахунок яскравості, розміру зорового сигналу та збільшення часу його сприймання.

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

часу. Для діяльності в цілому (прийняття рішень та виконання керуючих дій людини) вона дорівнює 2—4 біти.

Просторові характеристики зорового аналізатора залежать від гостроти зору, поля зору й обсягу сприймання.

Гострота зору характеризується властивістю ока розрізнявати дрібні деталі об'єкта. Вона визначається величиною, еквівалентною мінімальному розміру об'єкта, який розрізняє око. Розмір об'єкта виражається кутовими величинами, котрі пов'язані з його лінійними розмірами. Гострота зору характеризує абсолютний просторовий поріг зорового аналізатора. Оператор повинен працювати на рівні оперативного порога, при якому кутовий розмір об'єкта буде не менше 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 — 30°–35°, де не розрізняються малі деталі об'єкта;
- периферійне поле — 75°–90°, в якому об'єкт тільки виявляється, але не розпізнається.

Об'єкти, які 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. Доведено, що за одну фіксацію людина може охопити 4—8 не пов'язаних між собою об'єктів. Після закінчення дії подразника зорове відчуття зникає не одразу, а поступово «згасає» за період, який отримав назву *період 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. У цей час виникають так звані «послідовні образи», що мають різні

характеристики (за кольором і розміром) і в певній послідовності замінюють один одного.

Може виникнути 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 накладатися на перцептивний (перцепція — сприйняття) образ наступного сигналу, й оператор не зможе відрізнити елементи першого сигналу від елементів другого. Тому час дії основного сигналу повинен урахувати час дії послідовного образу. Урахування цих особливостей має велике значення для 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 й наступного сигналів будуть накладатись один на одний.

Якщо мерехтіння застосовується для кодування інформації (привертання уваги оператора), треба мати на увазі, що зорова втома буде найменшою за частотою 3—8 Гц.

Час адаптації. Чутливість зорового аналізатора може змінюватися в 10^8 разів. Розрізняють дві форми адаптації:

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

Час адаптації залежить від її форми й становить десятки хвилин при темновій та хвилини або частки хвилини при світловій.

6.3. Характеристики слухового аналізатора

Одним з 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 спроможності волокон його мембрани до резонансу. Основні характеристики звукових коливань — амплітуда, частота й форма звукових хвиль — відображаються у таких слухових відчуттях, як гучність, висота й тембр звука.

Інтенсивність звука оцінюється звуковим тиском і виражається у ватах на метр квадратний (Вт/м²).

Частота звукових коливань виражається в герцах (1 Гц — частота звукових коливань, період яких дорівнює 1 с). Діапазон частот, що сприймає вухо людини, становить від 16 до 20 000 Гц. Особливе значення він має у межах 100...3 500 Гц, що відповідає спектру людської мови.

Відчуття людини (згідно з законом Вебера–Фехнера) пропорційне логарифму кількості енергії подразника. Тому були введені логарифмічні величини — рівень звукового тиску та рівень інтенсивності звука (одиниця виміру — децибел (дБ)).

Рівень інтенсивності звуку визначається формулою, дБ,

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \quad (6.7)$$

де I — інтенсивність звука від даного джерела, Вт / м²;
 I_0 — інтенсивність звука, що відповідає порогу чутності, Вт / м² ($I_0=10^{-12}$ Вт / м² при частоті 1000 Гц).

Абсолютні пороги слухового аналізатора залежать від частоти звукового сигналу. Верхній абсолютний поріг становить 120...130 дБ, а «зона» мови — 60...100 дБ. Крім того, людина оцінює різні за інтенсивністю звуки рівними за гучністю, якщо їхні частоти відрізняються. Наприклад, тон із

інтенсивністю 120 дБ і частотою 10 Гц оцінюється як рівний за гучністю тону з інтенсивністю 100 дБ і частотою 1000 Гц .

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

6.4. Характеристики тактильного аналізатора

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

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, й 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.

Ведуться розробки з використання електрошкіряних подразників для передавання інформації з прямокутними імпульсами струму.

При використанні електрошкіряних подразників необхідне попереднє тренування, після якого абсолютний поріг знижується, а інші пороги підвищуються. Однак потім вони майже не змінюються в часі й не залежать від зони

подразнення. У наш час продовжуються розроблення з використання тактильних стимуляторів, «тактильних кодів» для підвищення ефективності передавання інформації операторові.

6.5. 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 всіх 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.

Дослідження показали, що продуктивність роботи оператора підвищується на 30—40 %, коли послідовно використовують зоровий, слуховий і тактильний канали. У випадку подання інформації тільки по зоровому каналу, такого ефекту не спостерігають.

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

6.6. Зберігання та переробка інформації

Протягом життя 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 й 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 є однією з найважливіших характеристик психічної діяльності, що забезпечує єдність і цілісність людської особистості. Діяльність пам'яті, як і інша психічна діяльність, характеризується певним предметним змістом: цілями, мотивами, умовами й засобами досягнення мети.

На вибір способу запам'ятовування матеріалу впливає, в тому числі, його зміст. 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 й довільну, механічну й смислову*.

За тривалістю закріплення й збереження матеріалу — на *короткотривалу, довготривалу й оперативну*. У своїй діяльності оператор використовує всі види пам'яті, але, зважаючи на залежність його діяльності від часових характеристик, детальніше розглянемо основні форми пам'яті.

Короткотривала пам'ять зберігає інформацію впродовж кількох секунд або хвилин. Було виділено три основні гіпотетичні блоки зберігання інформації: сенсорна, первинна й вторинна пам'ять. Переведення інформації з одного блока в інший здійснюється за допомогою таких операцій, як фільтрація матеріалу, його впізнання, перекодування й повторення.

Короткотривала пам'ять характеризується негайним запам'ятовуванням матеріалу від початку отримання, негайним відтворенням і дуже коротким часом зберігання інформації.

Для операторської праці особливе значення має вторинна короткотривала пам'ять — *оперативна*. Вона являє собою здатність людини зберігати поточну інформацію, необхідну для виконання тієї чи іншої дії, тривалість зберігання визначається часом виконання даної дії.

Обсяг оперативної пам'яті визначається не кількістю інформації, що зберігається, а кількістю символів, що запам'ятовуються. Ця кількість становить 7 ± 2 , або:

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

Із рис. 6.2 видно, що обсяг збереженої інформації може дуже відрізнятись залежно від того, які символи запам'ятовуються. Закономірності обсягу короткотривалої пам'яті слід враховувати при передаванні інформації операторові. Якщо потрібно підвищити інформаційний обсяг інформації, котра буде утримуватися в оперативній пам'яті, варто застосовувати найбільш місткі символи, відібрані з великих за обсягом алфавітів. Але застосування таких алфавітів має сенс тоді, коли вони добре засвоєні людиною—оператором.

Обсяг короткотривалої зорової пам'яті, на відміну від слухової, містить 4—6 символів.

Довготривала пам'ять зберігає інформацію для подальшого її використання. При переведенні інформації з короткотривалої до довготривалої пам'яті відбувається її подальша селекція й реорганізація.

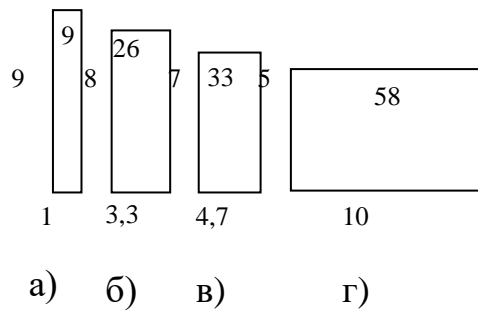


Рис. 6.2. Діаграма зміни об'єму оперативної пам'яті залежно від інформації на символ:

- а) двійникові символи; б) десяткові цифри; в) літери;
 г) односкладові слова

Числа у прямокутниках прямопропорційні їх площам і позначають кількість інформації, що запам'ятовується.

Цифри зліва від прямокутника — кількість стимулів, що запам'ятовано.

Цифри під прямокутниками — кількість інформації, що приходить на відповідний стимул

Обсяг довготривалої пам'яті оцінюється кількістю інформації в блоці, що запам'ятовується й вимірюється не кількістю символів, а подвійними одиницями. Обсяг довготривалої пам'яті, тобто інформація, засвоєна за одне повторення матеріалу, становить від 5 до 20 подвійних одиниць або 10 символів по 0,5 подвійних одиниць на символ, або 1 символ, відібраний із значного за довжиною алфавіту, з навантаженням — 20 подвійних одиниць інформації.

Зв'язок обсягу пам'яті з кількістю інформації більш тісний у тих випадках, коли кількість інформації зменшує сам суб'єкт завдяки активній розумовій та мнемонічній діяльності. Так, детальна інформаційна модель надає операторові всі подробиці про стан об'єкта управління. Аналізуючи 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'ятовується

значно краще, ніж усі дані, на підставі яких вона була здійснена. У випадку застосування інтегральних інформаційних моделей інформація може подаватися в формі, котра вже не потребує запам'ятовування всіх деталей. Інтегральна модель звужує потік інформації до оператора й тим самим зменшує навантаження на його пам'ять. Але слід зауважити, що ту якісну інформацію, яку оператор вивів сам, він запам'ятовує краще, ніж ту загальну оцінку, котру йому надасть інтегральна модель.

Осміслене запам'ятовування в 20 разів вище механічного запам'ятовування.

Основні процеси пам'яті — *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 та її раціонального групування. Цього можна досягти застосуванням ефективних кодів і алфавітів значної довжини, формуванням збільшених оперативних одиниць пам'яті. 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, формує певну систему координат, відносно якої оцінюється інформація. Така система запам'ятовується в першу чергу тому, що є 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 вона планує зробити в майбутньому.

Засвоєна інформація найбільше зменшується в перші 9 годин – від 100 до 30 % (відсоток заощадженого засвоєного матеріалу зворотно пропорційний логарифму часу) (див. рис. 6.3).

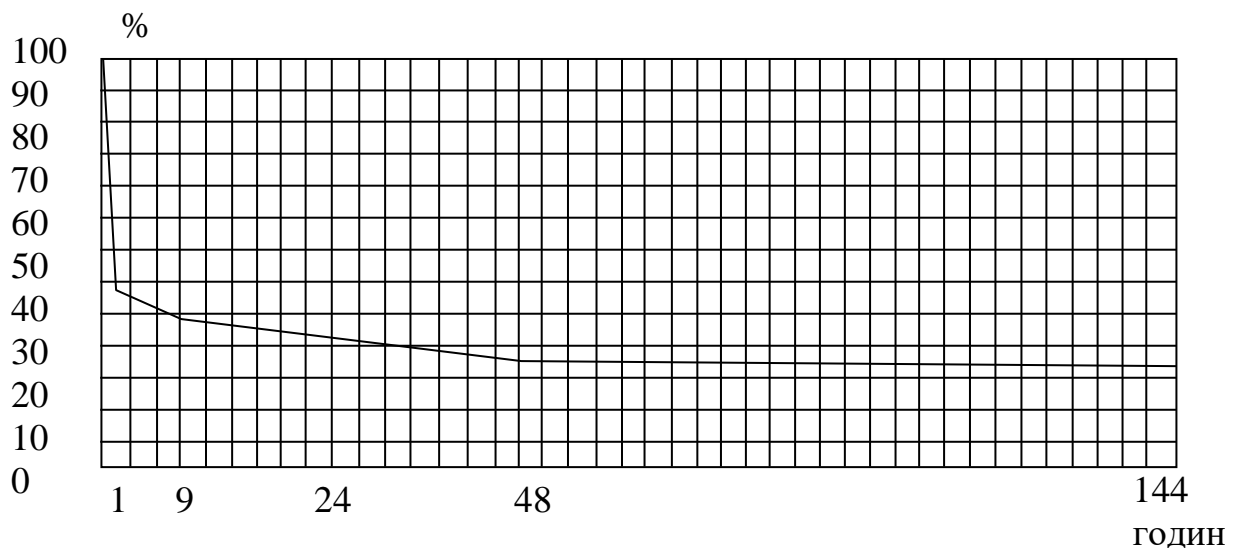


Рис. 6.3. Типова форма кривої забування (за Ебінгаузом)

Забуття теж залежить від різних факторів, тому виділяють три основні його види:

- втрата інформації через те, що вона не використовується;
- втрата інформації у випадку інтерференції (взаємодії з іншою інформацією);
- забування, пов'язане з мотивацією людини.

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.

6.7. Прийняття рішень

Процесами приймання інформації діяльність оператора не вичерпується, він повинен інформацію проаналізувати й прийняти відповідне рішення щодо управління технічною системою.

Процес прийняття рішень може бути алгоритмізованим або пошуковим.

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

Мислення — активний процес відображення об'єктивного світу в людському мозку в формі суджень, понять і висновків. Розрізняють наочно—образне, словесно-логічне й оперативне мислення. Для діяльності оператора характерний особливий тип мислення — оперативне мислення.

Оперативне мислення — такий шлях вирішення практичних завдань, який здійснюється на основі моделювання оператором об'єктів трудової діяльності, результатом чого є формування суб'єктивної моделі передбачуваної сукупності дій, яка забезпечує вирішення поставленого завдання. Оперативне мислення охоплює виявлення проблемної ситуації та комплекс її розумових і практичних перетворень.

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

По-друге, велика відповідальність за прийняття рішення викликає значне емоційно-вольове напруження, тобто важливою ознакою оперативного мислення є те, що воно протікає в екстремальних умовах і пов'язане з глибокими почуттям відповідальності. До того ж інформацію оператор отримує з інформаційних моделей, які необхідно

декодувати, що у свою чергу потребує від нього значної розумової активності.

Від контрольних приладів об'єкта управління до сенсорного входу оператора надходить інформація про стан цього об'єкта. Відповідно до режиму роботи й конкретних умов його реалізації у свідомості оператора складається оперативний образ–еталон, під впливом якого формується певна оперативна готовність, котра орієнтує сенсорний вхід оператора на сприйняття тих параметрів функціонування системи, що є типовими для даного стану системи.

На сьогодні в ергономіці розроблено декілька методів експериментального дослідження оперативного мислення:

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

6.8. Вплив обчислювальної техніки на розумову діяльність

Застосування обчислювальної техніки при моделюванні процесів мислення дало змогу використовувати її для вирішення завдань, котрі раніше вирішувала людина: автоматизований переклад з однієї мови на іншу, гра в шахи, написання музичних творів, доведення теорії тощо, тобто за допомогою машин стало можливим відтворення певних сторін розумової діяльності людини. З іншого боку, використання ЕОМ розширює можливості людини щодо перевірки гіпотез, розумового експериментування у процесі розв'язання задачі, тобто реалізації вищих форм розумової діяльності, що сприяє психічному розвитку людини.

Аналіз можливостей комп'ютерної техніки та досвіду її експлуатації свідчить, що вона може сприяти адекватній реалізації різних функцій психіки людини. ЕОМ значно

розширює можливості реалізації *когнітивної функції*, оскільки:

- полегшує інформаційно-довідкову діяльність користувача, накопичуючи, зберігаючи й відтворюючи значну кількість знань;
- сприяє інформаційній підготовці й оцінці проміжних рішень шляхом «програвання» різних варіантів досягнення мети, проведення шаблонних перетворень просторових і часових ознак об'єкта, розглядання його у різних площинах;
- стимулює формулювання різних гіпотез, розгортаючи перед оператором цілий спектр методичних засобів (прийоми, тактика, стратегія), що забезпечує інформаційну підтримку й «підказування» різних шляхів пошуку остаточного рішення;
- вивільняє оператора від проведення трудомістких розрахунків у процесі знаходження нових закономірностей.

ЕОМ відіграє значну роль у підтримці *регулятивної функції* психіки людини, оскільки:

- сприяє більш раціональному плануванню діяльності оператора, розкладаючи задачу на ряд підзадач за певними критеріями;
- контролює й коригує послідовність керуючих дій оператора відповідно до прийнятого плану;
- застосовує оперативний контроль за введенням та виведенням інформації з ЕОМ;
- реалізує різні форми організації індивідуальної й групової діяльності;
- прискорює випуск нормативно-технічної документації об'єкта на різних носіях.

У реалізації *комунікативної функції* психіки ЕОМ може забезпечити:

- реалізацію певних техніко-технологічних відносин у системі;

- підтримку необхідного рівня й темпу взаємодії операторів, у тому числі й опосередкованої ЕОМ;
- обмін інформацією про проміжні результати діяльності партнерів;
- збір інформації про оператора, формуючи його психологічний портрет із метою подальшого комплектування науково-технічних, виробничих груп.

Автоматизація діяльності оператора має й певні негативні моменти, пов'язані з трудомісткістю розроблення програмного забезпечення й впливом стандартного, «машинного» мислення на розвиток творчої компоненти в діяльності оператора.

6.9. Кількісні характеристики інформації

Пропускну спроможність людини лише в окремих випадках можна виразити в уніфікованих одиницях, наприклад у бітах за секунду. Так, пропускна спроможність зорової системи при впізнанні предметів не перевищує 50—70 біт/с, букв і цифр — 55 біт/с, протягом тривалого часу вона менше. Відомо, що оптимальна швидкість приймання й обробки інформації дорівнює 0,1—5,5 біт/с.

Умова узгодження потоку інформації, що надходить на засоби відображення F_m і переробляється людиною $F_{люд}$, біт/с

$$F_m \leq F_{люд} \quad (6.8)$$

Якщо кількість подаваної інформації перевищує пропускну здатність оператора, він не може сприймати її в повному обсязі, що призводить до помилок (рис. 6.4). Парадокс у тім, що й зменшення частоти надходження сигналів так само збільшує вірогідність його помилки, оскільки знижує активність оператора.

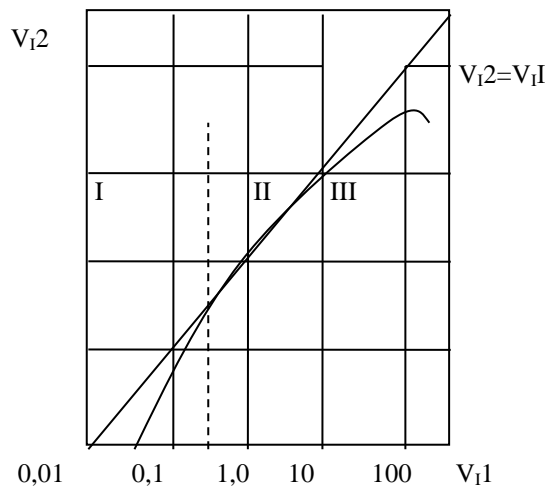


Рис. 6.4. Залежність швидкості приймання інформації від швидкості її надходження:

I — затухання активності; II — нормальна загрузка; III — перенавантаження

Якщо декілька символів або сигналів подаються операторові одночасно, він змушений шукати потрібні йому елементи. Витрати часу на це дорівнюють добутку математичного очікування числа кроків у пошуку (число рухів очей) на середню тривалість зорової фіксації, що залежить від способу кодування інформації.

Кількісна інформація для вимірювальної системи й сигналів, що надходять із табло,

$$F_m = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^k I_i(A), \quad (6.9)$$

де
$$I_i(A) = n \log_2 \frac{X_{\max} - X_{\min}}{2\gamma}.$$

Спрощено це можна виразити як

$$I_i(A) = n \log_2 N, \quad (6.10)$$

де $I_i(A)$ — кількість інформації, сформована комплексом i зовнішніх впливів ($i = 1 \dots k$, засоби відображення інформації складаються з k комплексів), біт;
 t — час вимірювання інформації або час між двома посиленнями інформації, с;
 n — кількість вимірюваних параметрів або точок контролю;
 $X_{max} - X_{min}$ — діапазон зміни контрольованої величини;
 γ — похибка вимірювання;
 N — довжина алфавіту повідомлень, од.

Загальна кількість сприйманої інформації, що переробляється й передається людиною—оператором, визначається так:

$$F_{люд} = F_m + F_p + F_n, \quad (6.11)$$

де F_p — мовна інформація, біт;
 F_n — письмова інформація, біт.

Кількість інформації, сприйнятої й переданої оператором по телефону, селектору, радіозв'язку:

$$F_p = \phi_c \sum_{i=1}^{\phi} p(i) \log_2 p(i), \quad (6.12)$$

де ϕ_c — число фонем (окремих звукових одиниць) у повідомленні;
 Φ — число фонем усного мовлення (в українській мові 33 фонemi – 11 голосних і 22 приголосних);
 $p(i)$ — імовірність появи фонemi i .

При відомому для якого-небудь роду діяльності значенні інформації на одну фонему $F_{y\phi}^{cp}$ мовна інформація:

$$F_p = \phi_c \cdot F_{y\phi}^{cp}, \quad (6.13)$$

Кількість письмової інформації визначається в такий спосіб:

$$F_n = m_{\sigma} \sum_{i=1}^N p'(i) \log_2 p'(i), \quad (6.14)$$

де m_{σ} — кількість букв у повідомленні;
 N — довжина алфавіту;
 $p'(i)$ — імовірність появи букви i .

Якщо $F_M > F_{\text{люд}}$, то оператор допускає помилки (пропускає сигнали й знаки, спотворює їх, затримує передачу сигналів) або взагалі не може вирішити завдання. Коли $F_M > F_{\text{люд}}$, доводиться зменшувати надходження інформації в заданий часовий інтервал або збільшувати швидкість переробки інформації оператором, що можна досягнути тренуванням.

Якщо $F_M \leq F_{\text{люд}}$, людина здатна переробляти інформацію, що надходить, у припустимий час $T_{\text{люд.доп.}}$.

Контрольні запитання

1. Що таке нервовий аналізатор, з чого він складається?
2. Особливості зорового аналізатора?
3. Особливості слухового аналізатора?
4. Взаємодія аналізаторів під час приймання інформації?
5. Які види пам'яті існують?
6. Закономірності придбання та втрати інформації?
7. Як впливає обчислювальна техніка на розумову діяльність?
8. Як визначаються кількісні характеристики інформації?

7. НАДІЙНІСТЬ ЛЮДИНИ–ОПЕРАТОРА

7.1. Професійна надійність людини-оператора

Забезпечення високої надійності роботи системи «людина — машина» є однією з найважливіших завдань ергономіки.

В останні роки вирішення його все більшою мірою полягає в надійності власне людини. На певних етапах виникло питання навіть про повне вилучення людини зі складних систем керування. Проте пізніше виявилось, що людина, маючи багато недоліків, у той же час має й багато дуже сильних боків. Системи керування, що включають у себе людину, мають значно більшу надійність порівняно з автоматичними.

Проблема надійності людини в психології розглядалася ще відомим російським фізіологом І.М. Сеченовим і вже давно вивчається в експериментальній психології, втім в ергономіці вона почала розроблятися з 1960 р., насамперед завдяки працям В.Д. Небиліцина. Він запропонував при оцінці надійності оператора враховувати весь комплекс внутрішніх властивостей, які зумовлюють його здатність підтримувати необхідні робочі якості в умовах суттєвого ускладнення діяльності. Такий комплекс внутрішніх властивостей, який становить потенційну здатність організму до надійної роботи, отримав 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 й підготовленості оператора;
- психофізіологічними даними, зокрема особливостями нервової системи, порогами чутливості, особистісними властивостями, станом здоров'я оператора.

Між надійністю оператора й технічних систем у СЛМ існує доволі складний взаємний вплив. Як машина, так і оператор можуть кожен окремо виводити систему з ладу. Крім того, машина може провокувати відмови оператора, а людина у свою чергу теж може своїми діями «доводити» машину до відмови. Але тільки людина здатна прогнозувати відмови, а в разі їх виникнення — знаходити й ліквідовувати причини, підтримуючи вихідні параметри системи в заданих межах. Слід зауважити, що нині вже існують технічні системи, здатні контролювати діяльність оператора й автоматично резервувати його дії, запобігаючи відмовам його діяльності, але такі системи ще не можуть замінити людину з притаманними тільки їй значними адаптивними можливостями й творчими властивостями. З досвіду роботи операторів у різних системах управління відомо, що переважну кількість відмов технічних систем операторам вдалося своєчасно виявити й своїми діями запобігти їхньому негативному впливу на функціонування СЛМ. Підтвердженням цього можуть бути дані, які наводить відомий американський дослідник А. Чапаніс щодо характеристики надійності роботи навігаційної системи. З наведених на рис. 7.1 кривих можна зробити висновок, що надійність системи за участі в її керуванні людини вища, ніж у системи без людини, навіть з чотириразовим резервуванням.

Надійність оператора значною мірою залежить від показників вищої нервової діяльності (сили нервової системи, тривожності й т. п.). Останніми роками проблема надійності почала вивчатися з боку розроблення методів її апіорної оцінки. Запропоновано конкретні аналітичні методи прогнозування надійності роботи оператора й системи в цілому.

Проблема надійності людини-оператора вивчається з позицій багатьох наук (медицина, психологія, психофізіологія й ін.). Координуюча роль у вирішенні цієї проблеми належить ергономіці.



Рис. 7.1. Надійність систем «людина — машина» (за Чапанісом)

Тільки максимально повний, сумарний перелік різноманітних факторів, що реально визначають надійність людської діяльності, може призвести до оптимального вирішення проблеми в цілому та її часткових прикладних задач стосовно умов конкретної діяльності.

У зв'язку з цим гостро стоїть проблема об'єктивної оцінки надійності системи «людина — машина».

При її визначенні необхідно враховувати таке:

1. Показники надійності мають бути єдиними для всіх ланок системи. Тому створювані методики оцінки надійності системи «людина — машина» повинні максимально використовувати показники, математичний апарат і методи розрахунку, розроблені в існуючій теорії надійності технічних пристроїв.

2. Доцільно визнавати людину-оператора одною з ланок системи «людина — машина». Разом із тим варто пам'ятати, що людина є специфічною ланкою системи з

притаманними тільки їй властивостями. Основним показником надійності системи «людина — машина» звичайно є імовірність безвідмовного, безпомилкового й своєчасного виконання задачі системи, визначена через показники надійності оператора й техніки з урахуванням взаємного впливу їх один на одного.

7.2. Функціональна надійність

Надійність оператора є складною величиною, яка включає до себе багато складових, серед яких — характеристики вищої нервової діяльності та особистості, рівень навченості, у тому числі стійкість навичок і т. п. Серед них важливе місце займає *функціональна надійність*, що визначається як здатність функціональних систем людини-оператора забезпечувати його динамічну стійкість у виконанні професійної задачі протягом визначеного часу з заданою якістю. Складовими її є рівень здоров'я, біологічний вік та поточний функціональний стан.

Низький *рівень здоров'я* свідчить про малий запас міцності й призводить до швидкої стомлюваності, що різко знижує професійну надійність. Тому виникає вимога його об'єктивного виміру.

У наш час існує ряд об'єктивних кількісних показників рівня здоров'я. Найбільш відомими в нашій країні є показники, розроблені Г.Л. Апанасенком та Р.М. Баєвським. В основному вони оцінюють стан базових функцій, насамперед серцево-судинної та дихальної систем.

Загальний стан організму можна оцінити, знаючи стан окремих підсистем, а також їх значущість виразом

$$d = \sum_{i=1}^n \beta_i F_i, \quad (7.1)$$

де β_i — вагові коефіцієнти фізіологічних систем;

F_i — вихідна функція i -ї фізіологічної системи,

$$F_i = \sum_{j=1}^m \alpha_j k_j, \quad (7.6)$$

де k_j — показник функціонування j -ї підсистеми організму;
 α_j — вагові коефіцієнти, що оцінюють внесок кожного показника в адекватну вихідну функцію.

У цьому виразі враховується внесок різних підсистем організму з урахуванням їхніх вагових характеристик.

Важливу роль відіграє так званий „біологічний вік”. Відомо, що з роками в організмі людини відбуваються зміни, які зменшують її можливості до надійної діяльності. Одночасно відомо, що темпи наростання таких змін досить індивідуальні й визначаються багатьма факторами, перш за все способом життя. Важкі умови або нездоровий спосіб життя можуть суттєво прискорити негативні зміни. Ряд обстежень показали, що більшість жителів України мають біологічний вік на кілька років (до десятків) більший від метричного. Зараз існує ряд методів, котрі дозволяють за короткий час визначити реальний біологічний вік людини.

Протягом багатьох років в УкрДАЗТі ведуться роботи з створення цілісної системи контролю надійності локомотивних бригад. У рамках цих робіт раніше створені психофізіологічний комплекс „Спектр”, апаратно-програмний комплекс для професійного відбору машиністів «Фільтр» і комплекс для передрейсового контролю «Гамма».

Контрольні запитання

1. Важливість надійності оператора.
2. Наявність людини підвищує чи знижує надійність системи?
3. Яка наука має вивчати надійність людини-оператора?
4. Яка ланка й чому визначає надійність всієї системи?
5. Як визначити кількісні характеристики надійності?
6. Які фактори обумовлюють надійність оператора?

8. ПРОФЕСІЙНА ПІДГОТОВКА ОПЕРАТОРІВ

8.1. Склад професійної підготовки операторів

Професійна підготовка операторів включає професійний відбір, навчання, подальше вдосконалення професійної майстерності з урахуванням психологічних особливостей особистості, її мотивів та інтересів (тренування), а також формування виробничих колективів для їх спільної діяльності.

Попереднім етапом професійної підготовки є професійна орієнтація – система науково обґрунтованих заходів, направлених на підготовку молоді до вибору професії (з урахуванням особливостей особистості, психофізіологічних якостей та потреб народного господарства), на подання допомоги молоді в професійному самовизначенні та працевлаштуванні.

Комплекс задатків кожної людини є унікальним і дозволяє досягти високих результатів у різних видах діяльності. Причому якщо вибір професії зроблений відповідно до психофізіологічної організації даної людини, вона одержує реальну можливість досягти значних професійних успіхів, тобто морального й професійного задоволення. Навпаки, якщо вибір професії не відповідає психофізіологічній організації даної людини, це призводить до професійного фіаско, а найчастіше й до підриву психічного й фізичного здоров'я.

8.2. Професійний відбір

Професійний відбір — це науково обґрунтований допуск людей до визначеного виду діяльності. Практична потреба в такому відборі з'явилася з розвитком техніки, коли до людини почали висувати вимоги, що наближаються або навіть переважають її психофізіологічні можливості. Проте корені його можна простежити в далекій давнині. Ще Платон писав, що люди народжуються досить

неоднаковими, з різними здібностями, тому краще й легше буде, якщо виконувати яку-небудь роботу відповідно до своїх природних задатків. Йдеться про якості, досить стійкі в силу своєї природної (генетичної) обумовленості.

Виявилось, що є певні професійно важливі якості нервової системи, що визначаються генетично й майже не піддаються тренуванню. До них належать характеристики психомоторного реагування, уваги, стійкість щодо стресу та ін.

Особливо гострою проблема професійного відбору стала з появою авіації. Так, перші документи про професійний відбір авіаторів відносять до 1909 р. і піонером була Росія¹. З 1924 р. в армії, а потім і на залізничному й міському транспорті починають розроблятися питання професійного відбору. Ефект його був величезний. Наприклад, в авіації він дозволив знизити відсівання курсантів приблизно в 2 рази. (Своєчасний відсів одного курсанта давав економію більше 150 тис. дол. за тим курсом.)

На залізничному транспорті вперше професійний відбір став застосовуватися в Дрездені, де була створена перша лабораторія для іспиту машиністів. В СРСР професійний відбір на посаду машиністів почав проводитися в 20–ті рр. і наукові праці в цьому напрямку велися весь час, насамперед фахівцями ВНДІ (Всесоюзного науково-дослідного інституту залізничної гігієни, м. Москва). Великий внесок зробили також фахівці Харкова, Києва. На жаль, із характерною для СРСР повільністю з упровадженням у практику досягнень науки широкого застосування в реальному житті вони не мали. У той же час у Японії впровадження професійного відбору машиністів у 1952 р. дозволило знизити кількість аварій не менш ніж на 45 %!

Професійний відбір розділяють на *медичний* і *психофізіологічний*.

¹ Платонов К.К. Основы авиационной психологии. – М.: Транспорт, 1987.

Медичний виявляє визначені захворювання, неприпустимі для конкретної професії (наприклад сприйняття кольору для водія). Зараз стоїть питання про кількісну оцінку рівня здоров'я у практично здорових людей. Це вже робиться в деяких країнах.

Психофізіологічний професійний відбір заснований на системі заходів, спрямованих на те, щоб не допустити до визначених професій людей, які не мають якостей, необхідних для даної професії.

З точки зору застосовності професійного відбору всі професії поділяються на два види.

До першого належать професії, що висувають до працівника вимоги, які можуть задовольняти тільки люди, які мають особливі індивідуальні риси. Таких професій небагато й вони, як правило, пов'язані з ризиком для життя людей.

До другого належать ті, з якими в тій або іншій мірі може справитися будь-яка людина. Отже, психофізіологічний професійний відбір може бути віднесений тільки до професій 1-го типу. При цьому важливе значення має юридичний аспект проблеми, оскільки обмеження на вибір професії є обмеженням конституційних прав особистості. Необхідність такого відбору для конкретної професії повинна бути переконливо доведена, оскільки є безліч прикладів, що його намагалися впровадити там, де в ньому не було дійсної необхідності.

Система психофізіологічного професійного відбору містить у собі такі етапи:

1. Психофізіологічний аналіз трудової діяльності, метою якого є визначення вимог, що висуває дана діяльність до психофізіологічних якостей особистості. На підставі цих вимог розробляються ознаки професійної придатності (непридатності) для даного виду діяльності.

2. Підбір та розроблення методичних засобів, за допомогою яких можлива оцінка цих професійно важливих якостей.

3. Перевірка валідності й надійності обраних методик, що ведеться методом кореляційного аналізу.

4. Проведення власне професійного добору.

На залізничному транспорті проблема професійного відбору історично раніше й інтенсивніше пророблялася щодо працівників локомотивних бригад. Це пояснюється тим, що вони є масовою професією і найбезпосереднішим чином визначають безпеку руху. Упровадження такого відбору при дуже високій вартості аварій дає значний ефект. У СРСР теоретичні роботи з цієї проблеми велися на високому рівні з 20-х рр. минулого сторіччя. Практичне ж упровадження його пов'язане з наказом міністра МШС М.С. Конарева (до речі, випускника УкрДАЗТу, на той час — ХІІТу) у 1985 р. Вчені ХІІТу брали в цьому безпосередню участь. На основі розробленого групою співробітників кафедри «Охорона праці» психофізіологічного комплексу «Спектр» разом з ученими ВНДІ залізничної гігієни (м. Москва) був розроблений прилад «Фільтр». Він став основою для практичного впровадження психофізіологічного професійного добору працівників локомотивних бригад. Великий інтерес до розробки з боку багатьох країн показав, що на той час вона відповідала вищому світовому рівневі.

У зв'язку з розпадом СРСР це впровадження, на жаль, відбувалося тільки в Росії.

В Україні для цих цілей під керівництвом В.М. Самсонкіна (ХІІТ) був розроблений прилад «Діагност».

Процес впровадження професійного відбору робітників локомотивних бригад ускладнюється тим, що для цього необхідно вирішити ряд серйозних організаційних і юридичних проблем.

Методична основа психофізіологічного професійного відбору працівників локомотивних бригад була створена в результаті багаторічних досліджень великої групи учених, насамперед ВНДІ залізничної гігієни. При цьому було обстежено велику кількість робітників, які допустилися серйозних помилок у роботі. Вони були обстежені за

великим набором психофізіологічних методик з метою виявлення якостей, характерних саме для них, що відрізняють їх від інших. У результаті було виявлено ряд таких якостей. Головне, що відрізняє їх від надійних машиністів, — знижена стійкість до монотонних подразників. Це пояснюється тим, що специфікою праці машиністів є наявність цілого комплексу факторів, що провокують стан монотонії, при якому надійність операторської праці різко знижується. Відомий випадок у Лондонському метро, коли машиніст у такому стані врізався в попередній поїзд, що призвело до людських жертв.

Було виявлено, що психофізіологічними якостями, які забезпечують професійну придатність працівників локомотивних бригад, є:

- готовність до екстреної дії, пильність (монотоностійкість);
- високий рівень стійкості уваги й швидкості її переключення;
- емоційна стійкість (перешкодостійкість);
- стійкість до впливу стресу.

Ці якості, багато в чому обумовлені природними задатками, є відносно постійними й мало тренуються.

У наш час в Україні ведуться роботи з практичного впровадження професійного відбору для ряду залізничних професій. Це насамперед локомотивні бригади й диспетчери з керування рухом на залізниці.

Основними методиками оцінки професійно значущих якостей при проведенні професійного психофізіологічного добору осіб диспетчерського складу передбачається:

- 1) оцінка швидкості простої й складної зорово-моторних реакцій;
- 2) оцінка стійкості уваги;
- 3) оцінка швидкості переключення уваги;
- 4) оцінка обсягу оперативної пам'яті (зорова й слухова пам'ять).

8.3. Професійне навчання

Професійне навчання операторів, на відміну від професійного добору, носить загальний масовий характер. У процесі навчання тієї або іншої спеціальності людина опановує системою знань, умінь і навичок. Якою саме повинна бути ця система в оператора, залежить від його профілю. Інакше кажучи, зміст навчання визначається специфікою операторської діяльності.

У загальному значенні *професійні знання* — це та інформація, що засвоює (накопичує в пам'яті) людина у процесі професійного навчання, життя й діяльності. При цьому засвоєні раніше знання й навички можуть бути основою й сприяти оволодінню новими навичками й знаннями, але можуть ускладнити й навіть загальмувати навчання, викликати інтерференцію навичок.

Навичка — це дія, що характеризується високим ступенем освоєння й відсутністю заелементної свідомої регуляції і контролю. Розрізняють навички перцептивні, інтелектуальні, рухові.

Придбання стійких навичок дуже важливо з погляду забезпечення професійної надійності. У психології відомо, що чим міцніше навичка, тим менше імовірність помилки, особливо в ускладнених умовах, зокрема пов'язаних зі стомленням, стресом і т. п.

Реалізується формування навичок у вправах, тобто в цілеспрямованих, багаторазово повторюваних діях для їхнього удосконалення.

На базі знань і навичок, що належать до деякого визначеного виду діяльності, формується *уміння* людини-оператора, під яким розуміється освоєний суб'єктом спосіб виконання дії.

Уміння виявляється при розв'язанні нестандартних задач, припускає гарне орієнтування працівника в нових умовах і виступає не як просте повторення минулого досвіду, а включає елемент творчості. Уміння й навички розвиваються в нерозривній єдності. З одного боку,

оволодіння визначеним колом навичок необхідно для формування умінь, з іншого — людина, що володіє умінням, може легко освоїти нові навички.

8.4. Формування виробничих колективів

Однією з тенденцій сучасної техніки є розвиток великих і надвеликих систем. Такі системи характеризуються складною структурою, величезними потоками інформації і в керуванні ними бере участь велика кількість колективів людей. У зв'язку з цим важливого значення набувають проблеми взаємодії між операторами й групами операторів. При цьому використовуються закономірності, характерні для так званих малих груп.

Малою групою в психології називається сукупність людей, об'єднаних у просторі й часі, що спільно вирішують те або інше завдання й мають безпосередні контакти. Мала група звичайно включає від 2 до 30 осіб. Для ефективної діяльності групи важливе значення має те, як організована група, тобто як розділені функції і як члени групи пов'язані між собою. Ведуча роль у груповій діяльності операторів належить інформаційним зв'язкам між членами групи, обумовленими її функціональною організацією.

Для забезпечення високої ефективності й надійності групової діяльності важливо при її організації правильно визначити величину групи, її організаційну структуру й характер інформаційних зв'язків. Виходячи з цього вирішується питання про вибір технічних засобів комунікації.

Ефективне протікання групової діяльності залежить також від правильного розподілу обов'язків усередині групи. Це виявляється в наданні кожному операторові такого положення в групі, що найповніше відповідає обраному ним типу комунікативного поведіння. У соціальній психології розрізняють чотири типи поведіння: *лідер, ведений, той, що відокремлюється, той, що співпрацює.*

Лідер — це той, хто має яскраво виражене орієнтування на владу в групі. Представники цього типу поведження можуть успішно вирішувати групові завдання за умови підпорядкування собі інших членів групи.

Ведений — це людина з яскраво вираженим орієнтуванням на добровільне підпорядкування. Особи такого типу поведження найбільш успішно вирішують суто виконавські завдання.

Той, що відокремлюється, — це тип поведження з яскраво вираженим індивідуалістичним орієнтуванням. Особи такого типу найбільш успішно вирішують завдання за умови відносної ізоляції від групи, на самоті.

Той, що співпрацює, постійно прагне спільного з іншими вирішення завдання і йде за ними у випадку розумних (з їх погляду) рішень. Така діяльність найбільш прийнятна для декількох операторів одного рівня керування, що вирішують одне загальне завдання.

Залежно від виду взаємовідносин (ділові й міжособистісні) розрізняють формальну й неформальну структури групи. Формальна структура відображає взаємодію операторів за діловими, офіційними ознаками, а неформальна визначається системою емоційних зв'язків, взаємними симпатіями й антипатіями. Вважається оптимальним, коли офіційна структура групи може регулювати міжособистісні стосунки в ній. Значну роль у цій регуляції відіграють групові цінності й оцінки, опосередковані особистісно значущим і суспільно ціннісним змістом групової діяльності. Звідси витікає наявність лідерства формального й неформального. Формальний лідер — це офіційний керівник. Вважається, що дуже добре, коли формальний лідер також є і неформальним.

Успішність функціонування групи залежить не тільки від розподілу функцій між його членами, а й від зв'язку між ними. Залежно від конкретних задач можливі різні варіанти функціональної організації групи: «ланцюг», «зірка», «коло», «сітка» (повна й неповна) (рис. 8.1).

Повна комунікативна структура («сітка») забезпечує вільне спілкування між членами групи. Структура типу «зірка» характерна для груп, що працюють в умовах твердого керівництва, виконання управлінських функцій тільки самим керівником, а типу «ланцюг» і «коло» — виникають за конвеєрної роботи.

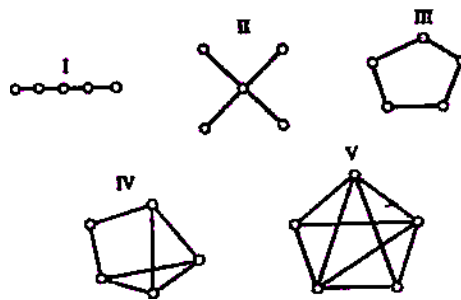


Рис. 8.1. Функціональне угруповання малих груп (5 осіб):
 I — ланцюг; II — зірка; III — коло;
 IV — сітка (неповна); V — сітка (повна)

При цьому нескладні завдання краще вирішує група з комунікаціями централізованого типу, а у вирішенні складних завдань більш ефективною є повна «сітка» комунікацій.

Застосування різних систем комунікацій сприяє поширенню інформації від одних членів групи до інших і забезпечує ефективність виконання задач. Для цих систем характерні різні форми спілкування: дискусія, консиліум, конструктивне сперечання, консультування.

Ефективність групової діяльності залежить, крім усього іншого, і від *сумісності* операторів. Під нею розуміється такий прояв тих або інших властивостей окремих операторів, від яких залежить успішне виконання групової діяльності.

Проблема сумісності може розглядатися на різних рівнях: *фізіологічному, психофізіологічному, соціально-психологічному й ін.*

Сумісність конкретної групи операторів визначається характером виконуваної нею діяльності. При цьому різні види діяльності вимагають сумісності за різними властивостями: фізичними (наприклад, фізична сила), психофізіологічними (рухливість нервових процесів і т. п.), емоційно-вольовими (рівень емоційної стійкості й ін.), соціально-психологічними (наприклад, товариськість, чуйність і т. д.).

Різні види діяльності висувають різні вимоги й до сукупності властивостей, що обумовлюють сумісність. В одних випадках потрібна сумісність за деяким обмеженим числом властивостей, в інших — за більш значною їхньою сукупністю. Останнє особливо важливе для груп, що працюють в умовах відносної ізоляції.

Необхідно зазначити, що сумісність характеризує не окремих індивідів, а їхню групу й має множинні прояви. Люди, які входять до тієї самої групи, в одних відносинах і в одних видах діяльності можуть виявитися сумісними, в інших — несумісними. Важливо зазначити також, що поняття сумісності не завжди означає подобу тих або інших властивостей. Деякі види групової діяльності вимагають не подоби, а, навпаки, розходжень між людьми (доповнення властивостей одного властивостями іншого).

Протилежним розглянутому є поняття *психологічної несумісності*. Для групи операторів психологічна несумісність — це не тільки розходження ціннісних установок, відсутність дружніх зв'язків, неповага або ворожість людей один до одного. До цього потрібно додати ще нездатність у критичних ситуаціях зрозуміти один одного, несинхронність психомоторних реакцій, розходження в увазі, мисленні та інші природжені й придбані властивості особистості, що перешкоджають спільній діяльності. За цих обставин швидше виникають конфліктні ситуації, що знижує ефективність групової діяльності.

На ефективність групової діяльності визначений вплив має можливість спілкування (зокрема мовного) операторів у процесі виконання спільної роботи. Інформування

операторів про взаємні дії підвищує в них почуття впевненості, знижує емоційну напруженість. Особливо це важливо в тих випадках, коли групова діяльність носить опосередкований характер.

Мовне спілкування виконує в груповій діяльності інформаційну (постачання необхідної інформації), регулятивну (вплив на стратегію розв'язання групової задачі) і афективну (зміна емоційного стану операторів) функції.

Залежність ефективності групової діяльності від інтенсивності спілкування носить звичайно криволінійний характер: як дуже висока, так і дуже низька мовна активність не сприяють підвищенню ефективності групової роботи. У першому випадку посилене мовне спілкування створює додаткові перешкоди в роботі й відбиває слабку погодженість дій операторів, у другому випадку недостатність обміну інформацією й регулятивними впливами викликає періодичні неузгодженості в роботі.

Психологічний клімат групи може визначатися через задоволеність міжособистісними стосунками по вертикалі (керівник — підлеглі) й горизонталі (виконавці), а також через задоволеність змістом діяльності, що виявляється у сумісності й спрацьованості.

Контрольні запитання

1. Які заходи складають професійну підготовку оператора?
2. Що таке професійний відбір?
3. Чим відрізняється професійний відбір від профорієнтації?
4. Які якості є професійно необхідними для машиніста?
5. Які професії диспетчерського профілю потребують професійного відбору?
6. Що таке навичка й в чому його важливість?
7. Як формується навичка?
8. Що таке мала група?
9. Які є рольові установки в груповій діяльності?
10. Що таке психологічна несумісність?

9. ФУНКЦІОНАЛЬНІ СТАНИ ОПЕРАТОРА

9.1. Загальна характеристика функціональних станів

Стан оператора великою мірою визначає його працездатність і надійність, через це ергономіка приділяє велику увагу його вивченню.

Ергономіка вивчає функціональні стани оператора, тобто стани, що виникають у процесі трудової діяльності й обумовлені впливом процесу праці й умов, у яких він протікає, на працюючу людину. Більш конкретно під функціональним станом оператора розуміється інтегральна характеристика стану людини з погляду ефективності виконуваної нею діяльності і задіяних у її реалізації систем організму за критеріями надійності і внутрішньої ціни діяльності.

Психофізіологічною основою вивчення функціональних станів є теорія активації. Відповідно до неї зростання активації призводить до підвищення ефективності діяльності. Причому якщо при простих видах діяльності ця залежність монотонна, то в міру підвищення складності виникає дзвіноподібна залежність. Максимальна ефективність спостерігається при визначеному рівні, до якого та після якого вона знижується. Пояснюється це тим, що зі зростанням рівня активації зростає мобілізація енергетичних ресурсів організму. Таким чином, чим вище рівень активації, тим вище продуктивність діяльності. Це справедливо для відносно простих видів діяльності, пов'язаних переважно з фізичними навантаженнями.

У видах діяльності, пов'язаних із широкою участю вищих психічних функцій (тонкою координацією, мисленням і т.п.), на визначеному рівні активації продуктивність діяльності починає знижуватися через погіршення стану вищих психічних функцій.

Ця залежність, відома як закон Йеркса–Додсона, свідчить про наявність оптимальних зон рівня активації для виконання різних задач і у різних людей (рис. 9.1).

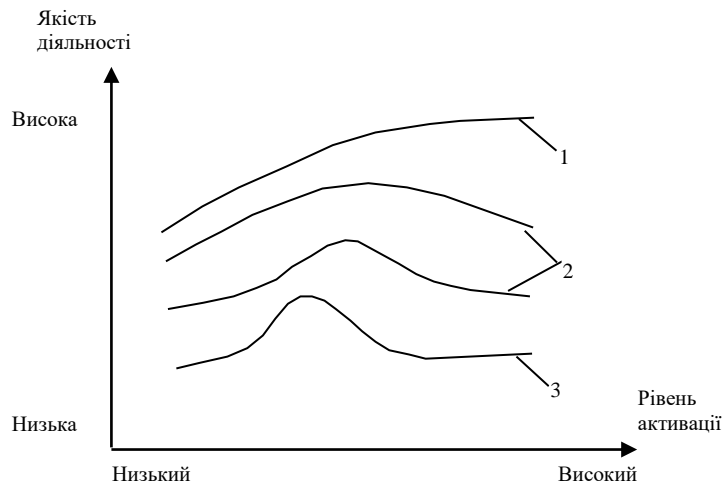


Рис. 9.1. Взаємозв'язок між рівнем активації і якістю діяльності (закон Йеркса–Додсона):
1 – найпростіша задача; 2 – задачі середньої складності;
3 – складна задача

9.2. Класифікація функціональних станів

Існують різні класифікації станів оператора (рис. 9.2). Вони можуть бути розбиті на два види — сприятливі й несприятливі для виконання даної діяльності. У першому випадку реакція організму на виникаючі умови роботи носить характер адекватної мобілізації, тобто зміни в стані оператора є закономірною реакцією на дію даних факторів і обумовлюють нормальну ефективність його роботи.

У другому випадку зміни в стані оператора виходять за межі встановленої норми.

Така реакція організму супроводжується вираженими порушеннями працездатності людини. Найбільш істотним із сприятливих станів є, в загальному випадку, стан оптимальної працездатності. Для діяльності оператора

найбільш характерними є стани уваги й готовності до екстреної дії.

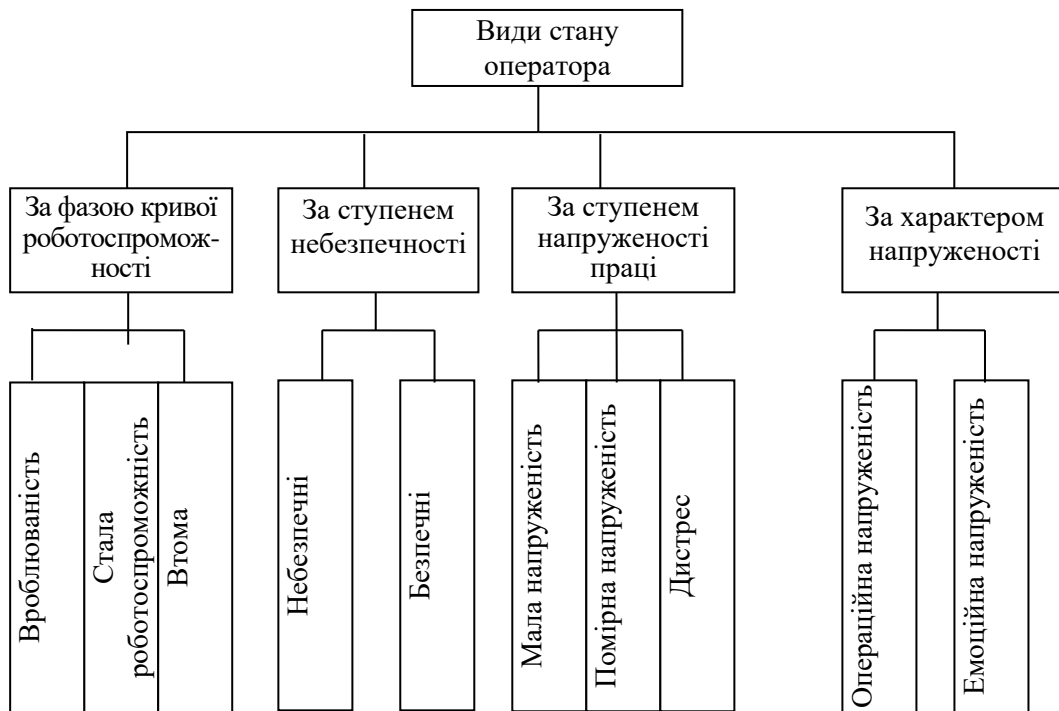


Рис. 9.2. Класифікації видів стану оператора

Стан готовності необхідний для операторів, які працюють у режимі очікування. Такий режим є найбільш важливим для сучасного виробництва. При нормальному протіканні виробничого процесу оператор знаходиться в стані оперативного спокою і лише стежить за роботою автоматики. У той же час він постійно має бути готовим до активної роботи з усунення відхилень виробничого процесу від норми. Стан готовності є необхідним також для багатьох водійських професій. В остаточному підсумку цей стан визначає підтримку на необхідному рівні здатності реагування на несподіваний сигнал.

Одним із показників стану готовності є коефіцієнт робочої установки, що розраховується за формулою

$$K_{py} = \frac{\tau_{cp}}{\tau_{on}}, \quad (9.1)$$

де τ_{cp} — середнє значення часу реакції, с;
 τ_{on} — час реакції в даний момент роботи (обчислюється за серією вимірювань), с.

Величина K_{py} , як правило, менше одиниці і змінюється протягом робочого дня. За нормального стану його значення лежать звичайно в межах від 0,45 до 0,65.

Для оператора-спостерігача стан оптимальної працездатності виявляється ступенем уваги, із якою він стежить за ходом виробничого процесу. Утрата уваги може призвести до пропускання аварійного сигналу. Така ситуація характерна для діяльності залізничних операторів.

Функціональні стани розрізняють:

- за безпекою для здоров'я — небезпечні й безпечні;
- за ціною діяльності і викликаного нею ступеня виснаження організму — нормальний, прикордонний і патологічний (останнє є предметом вивчення медицини);
- за проявом працездатності — стійка або хитлива працездатність;
- за проявом напруженості — оперативна (операційна) або психічна напруженість;
- за напруженістю (важкістю) праці — першого, другого, третього, четвертого ступеня важкості.

Для ергономіки інтерес мають перш за все стани, які впливають на ефективність та надійність трудової діяльності. Розглянемо їх більш конкретно.

9.3. Стомлення

Стомлення — це сукупність змін у фізичному й психічному стані людини, що розвиваються в результаті діяльності і ведуть до тимчасового зниження її

ефективності. Незважаючи на високу практичну значущість і столітню історію вивчення цього стану у ньому ще багато незрозумілого. Навіть сам термін "стомлення" дотепер є недостатньо визначеним. В одній із класичних монографій перелічується більше ста визначень цього поняття. Розділяють стомлення фізичне і розумове, загальне й периферичне, що розвивається при специфічних навантаженнях аналізаторних та інших функціональних систем. За виразністю розрізняють гостре і хронічне, за ознаками найбільш слабого елемента виділяють м'язове, сенсорне й ефекторне стомлення.

З позицій оцінки працездатності оператора, стомлення призводить до порушення адекватності відповіді організму на вимоги, пропоновані характером діяльності. При цьому порушуються такі вимоги адекватності, як оптимальність окремих реакцій, що складають основу діяльності, їхній зв'язок одна з одною, а отже, і якісна й кількісна відповідність відповіді організму на вимоги задачі. Один із прикладів порушення — відхилення від мінімізації витрати фізіологічних резервів.

З фізіологічного боку, розвиток стомлення свідчить про виснаження внутрішніх резервів і перехід на менш ефективні способи функціонування. Наприклад, підтримка кровотоку починає здійснюватися за рахунок збільшення частоти серцевих скорочень замість збільшення ударного обсягу. Рухові реакції реалізуються більшим числом функціональних м'язових одиниць при ослабленні сили скорочень тощо.

Психофізіологічна картина стомлення виявляється в широких межах — від ознак стресового стану до симптомів зниження активації й розвитку гальмових процесів.

Стан стомлення в цілому характеризується рядом змін поведінкового, вегетативного і психофізіологічного плану. Поведінкові зміни виражаються, насамперед, у психомоторній сфері. Вірогідно збільшується час простої і складної рухової реакції. При чому більш інформативними параметрами є число помилок і стійкість часу реакції. При

стомленні відбувається розпад складних рухових актів. Погіршуються такі функції, як увага, пам'ять та ін. Увага стає млявою, малорухомою або навпаки хаотичною, хитливою. Знижуються показники короткочасної пам'яті, відбувається зниження психічного темпу. З'являються періодичні зриви в роботі, спостерігається дезінтеграція складних навичок. Елементи діяльності, що у нормальному стані виконуються автоматично, при стомленні вимагають визначених зусиль. Спостерігається різке зниження м'язової сили.

Одним з узагальнюючих показників стомлення є зміна кривої працездатності (див розд. 5, рис. 5.3). При цьому період оптимальної працездатності (ділянка 3) різко скорочується або зникає зовсім.

Вегетативні прояви стомлення полягають, насамперед, у порушенні стійкості вегетативних функцій. Змінюються показники серцево-судинної системи. Встановлено, що частота серцевих скорочень і артеріальний тиск змінюються в 40—60 % обстежених. У силу індивідуальних розходжень ці зміни у різних людей відбуваються по-різному.

З розвитком стомлення збільшується амплітуда тремору (тремтіння кінцівок, зокрема кистей рук), змінюються характеристики електрофізіологічних показників. При стомленні помітно збільшується електричний опір шкіри і знижується число й амплітуда фазичних реакцій електричної активності шкіри (ЕАШ). Змінюються характеристики білатеральної асиметрії головного мозку, при цьому більші зміни спостерігаються в лівій півкулі. При стомленні білатеральна асиметрія змінює свій знак, це пояснюється тим, що більш чутлива ліва півкуля суттєво знижує свою активність.

Одним із важливих фізіологічних проявів стомлення є зниження чутливості аналізаторів. Це зниження досягає 20 – 40 % вихідного рівня.

Показником, що свідчить про глибоке стомлення, є порушення біологічних ритмів і особливо циркадного (добового) ритму, зокрема погіршення сну. Погіршуються характеристики відчуття часу.

Психологічні прояви стомлення полягають, насамперед, у появі суб'єктивного відчуття втоми, знесилення, ослаблення волі, сонливості. Людина може відчувати біль у м'язах, головні болі, відчувати шум або пульсацію в скронях, зазнавати відчуття нестачі повітря й ін. З наростання стомленням відбувається трансформація мотивів: замість "ділової" мотивації переважають мотиви припинення діяльності або відходу від неї. При сильному стомленні звичайно спостерігаються негативно забарвлені емоційні переживання, відраза до роботи, дратівливість, ворожість до оточуючих, тяжка напруга і т. п.

Знижуються показники самооцінки стану. При оцінці психологічних проявів стомлення необхідно враховувати, що підвищена нервово-емоційна напруга може значно маскувати відчуття втоми. Так, пілоти відчуття втоми зазнають значно більше через годину після польоту, ніж під час польоту. Саме такі прояви ускладнюють своєчасну діагностику стомлення й у залізничних операторів.

9.4. Монотонія

Монотонія — це стан, близький за проявами до стомлення і дуже небезпечний з погляду забезпечення надійності операторів, особливо машиністів локомотивів. За визначенням, це психічний стан, викликаний монотонністю сприйняття або дій, що проявляється у вигляді сонливості, зниження волі й уваги, втоми. Монотонність праці є одним з важливих факторів, що підвищують важкість праці. Безперервна одноманітність послабляє напруженість уваги і підйом життєвої енергії, тому що позбавляє робітника того відпочинку й збудження, що створюються самим фактом зміни діяльності. Ще в

1914 р. проблему монотонності виділяли як одну з найважливіших у психології праці. В останні роки у зв'язку з поширенням операторської праці вплив цього стану стає усе більш помітним.

Відмінними характеристиками монотонної діяльності є малозмістовність, одноманітність робочих дій, їхнє багаторазове повторення і велика тривалість при порівняно низьких рівнях витрат енергії. Розрізняють монотонію рухову й сенсорну. Рухова характеризується одноманітним повторенням робочих рухів, сенсорна — одноманітністю пропонованих стимулів. Фізіологічний механізм цього стану вивчений недостатньо повно. І.П. Павлов причину монотонії образно пов'язував із "довбанням" в одну нервову клітку і, як наслідок, розвитком коркового гальмування.

Стан монотонії негативно впливає на багато функцій, що забезпечують робочу діяльність людини–оператора.

На психологічному рівні монотонія проявляється швидким проявом суб'єктивного почуття втоми, сонливості, апатії, розумового отупіння, нудьги. При цьому увага стає розсіяною, з'являється дратівливість, небажання працювати.

9.5. Стрес

Це поняття стало надзвичайно розповсюдженим з виходом робіт Г. Сельє, у яких запропоновано розглядати його як "загальний адаптаційний синдром", що виникає у результаті впливу різних стресорів (термічні впливи, механічні ушкодження, інтоксикації, психогенні впливи і т. д.). Особливий інтерес, з погляду забезпечення надійності залізничних операторів, являє психічний стрес, викликаний психічними факторами, який відрізняється від фізіологічного особливостями впливу стимулу, механізмом виникнення й характером відповідних реакцій. З огляду на поширення поняття "стрес" і досить широке його

тлумачення в науках, що вивчають діяльність людини-оператора, стан психічного стресу почали називати станом психічної напруженості.

Стан стресу, психічної напруженості є одним із найнебезпечніших для збереження надійності діяльності оператора. Відомо, що у представників операторських професій близько 80 % помилок відбувається саме в цьому стані.

Практично всі фактори, що викликають стан напруженості, більшою або меншою мірою характерні для діяльності залізничних операторів. До зазначених факторів можна додати ще такі, як напруженість уваги, напруга зору і слуху, усвідомлення високої небезпеки й відповідальності роботи.

Емоційна напруженість характеризується зниженням стійкості психічних процесів і професійної працездатності. Стосовно роботи операторів і забезпечення безпеки руху поїздів цей стан цікавить у першу чергу.

Психічну напруженість розділяють на операційну й емоційну. Ці стани розрізняються за психологічними механізмами і, що найважливіше для практичних цілей, за впливом на працездатність. У стані операційної напруженості працездатність може помітно підвищуватися. Більш небезпечним із погляду зниження працездатності є емоційна напруженість.

У поведженні людини цей стан може проявлятися в різних формах:

а) у гальмовій ("торпідній") у вигляді повної загальмованості аж до ступору — стан нечутливості, отупіння, нерухомості;

б) у збудливій ("імпульсній"), що характеризується переважно помилковими, неосмисленими, хаотичними діями, діями "навпаки" і т. д.;

в) у "дифузійній", що сполучає перші дві форми.

Станові психічної напруженості властиве негнучке поведження. При цьому стереотипні елементи діяльності протікають швидше і, як правило, зберігаються, у той час як інші менш стійкі руйнуються. (Саме тому таке велике значення на практиці мають тренажери для операторів. Вони дозволяють більшість елементів професійної діяльності перевести в розряд автоматичних, у такий спосіб істотно підвищуючи надійність їхнього виконання в несприятливих станах.)

За рахунок виборчого перерозподілу функціональних можливостей усі наявні ресурси направляються на підтримку основної (на думку суб'єкта) в даний момент часу діяльності і її ефективність може дещо знижуватися. У той же час другорядні (за оцінкою працюючого) елементи істотно погіршуються, що в умовах рівнобіжних діяльностей може призвести до важких наслідків.

Психологічні прояви стану емоційної напруженості полягають у тім, що відбувається зменшення обсягу уваги, погіршення сприйняття, зниження пам'яті, різке погіршення координації й точності рухів, просторового сприйняття, швидкості дій та ін.

Вегетативні прояви стану емоційної напруженості досить великі й різноманітні. При цьому реакції досить специфічні й індивідуальні: в одних вони пов'язані зі зміною пульсу без зміни артеріального тиску, в інших — навпаки і т. д. Високу інформативність мають показники серцевої діяльності й особливо показники її ритмічності.

9.6. Прикордонні стани

Прикордонні стани — це такі стани, що знаходяться на грані між нормою й патологією, вони займають особливе місце в роботі операторів. Оскільки вони не входять до класу "патологія", то їх не виявляють традиційні медичні методи. У той же час вони можуть істотно знизити надійність діяльності оператора, а також

досить швидко, навіть протягом робочої зміни, перейти в стан патології, тобто захворювання. У роботах чисто медичного профілю такі стани ще називають донозологічними, тобто станами, що передують захворюванню. Визначення "прикордонні" вважається більш правильним, оскільки вони не обов'язково призводять до захворювання. Більш того, людина може перебувати в такому стані значну частину життя.

Проблема діагностики прикордонних станів розробляється рядом наук, у тому числі технічних. Існує загальноприйнята думка, що вона може вирішуватися із застосуванням психофізіологічних методів як більш тонких порівняно з медичними. Рішення ускладнюється тим, що стани "здоров'я" і "норми" вивчені значно менше, ніж хвороба. Зараз широко застосовується поняття «індивідуальна норма», що показує великі індивідуальні варіації норми.

В останні роки актуальним стали *інтоксикації*. Причому, якщо раніше йшлося лише про лікарняну або алкогольну, то зараз усе більшу проблему становить вживання психотропних речовин. Вони мають різний вплив на людину та різний прояв, але всі вони знижують надійність оператора, часто до недопустимо низького рівня.

Існують ознаки, які дозволяють проводити різного роду діагностику наявності психотропних речовин.

9.7. Контроль функціонального стану оператора

Наведена вище характеристика функціональних станів оператора дозволяє намітити основні шляхи контролю стану оператора. Контроль стану оператора є важливим засобом забезпечення високої надійності його діяльності.

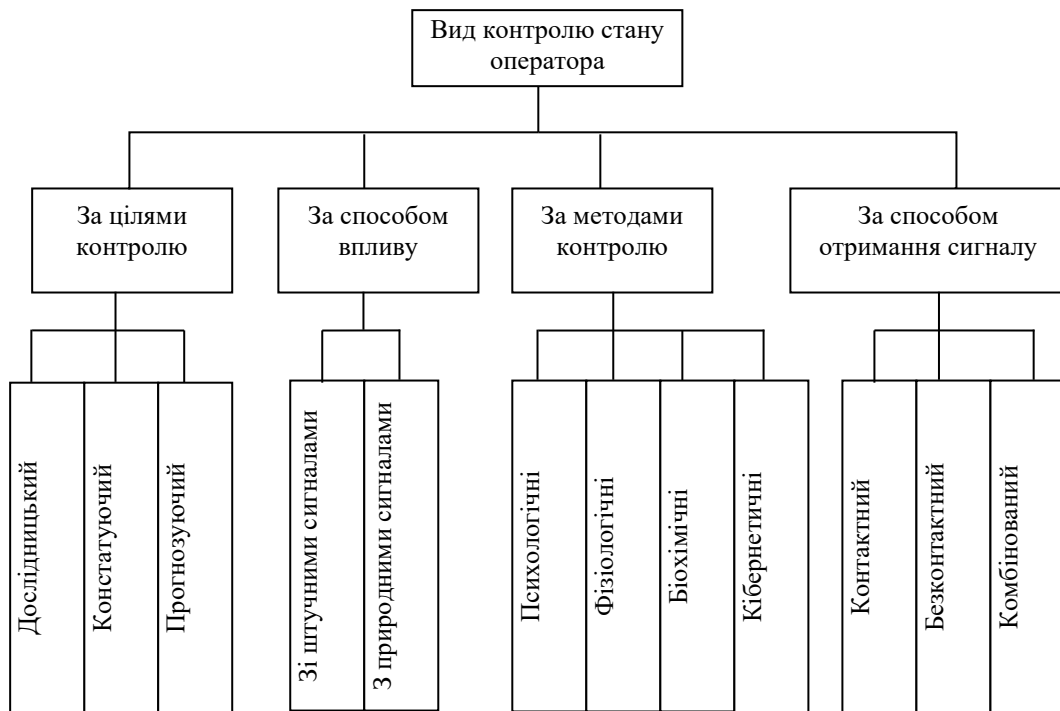


Рис. 9.3. Класифікація видів контролю стану оператора

Одночасно він спрямований на вирішення завдання збереження й зміцнення його професійного здоров'я.

Залежно від поставлених цілей контроль стану оператора може бути дослідницьким, таким, що констатує (допусковим), і прогнозуючим (профілактичним). Дослідницький контроль застосовується для перевірки адекватності висунутих ергономічних рішень, вибору найкращого з наявних варіантів.

Контроль, що констатує, застосовується для перевірки готовності оператора до виконання даної діяльності (вихід на чергування, виїзд у рейс і т. п.).

Прогнозуючий контроль проводиться з метою попередження виникнення в оператора небажаних станів, що можуть стати причиною зниження надійності його діяльності. Такий контроль дозволяє передбачати ці стани раніше, ніж це позначиться на результатах діяльності оператора, і вжити заходів для запобігання цих станів.

Доцільність прогнозуючого контролю дуже важлива при виконанні особливо відповідальних функцій.

Залежно від застосовуваних методів контроль стану може вестися за зміною фізіологічних, психологічних, біохімічних показників. Фізіологічні показники характеризують, як правило, ступінь напруженості організму і не завжди дозволяють визначити працездатність оператора, а тим більше прогнозувати її зміни. Крім того, їхнє використання вимагає застосування складної апаратури для реєстрації й обліку змін, що відбуваються, в організмі людини.

Психологічні показники (пам'яті, уваги, емоційно-вольової сфери і т. д.) більш тісно корелюють із результатами діяльності, ніж фізіологічні показники. Це пов'язано з їхньою регулюючою функцією в діяльності. Маючи порівняно високу прогностичність, психологічні показники мають і істотний недолік, пов'язаний з тим, що для їхнього виміру потрібен тестовий вплив на оператора, відволікання його від виконання основної діяльності.

Залежно від способу одержання сигналів методи контролю стану оператора можуть бути контактними й безконтактними. При контактних методах для одержання сигналів стану оператора до тих або інших ділянок його тіла прикріпляються датчики або електроди. При безконтактних методах сигнали стану природним образом утворюються в ході або виконання самої діяльності, або відпрацьовування тестового завдання.

Більш перспективним є використання безконтактних методів, у яких сигнали контролю виробляються автоматично, без відволікання оператора від виконання основної діяльності. До числа таких методів належать мовний сигнал, актограма, деякі з теплових методів.

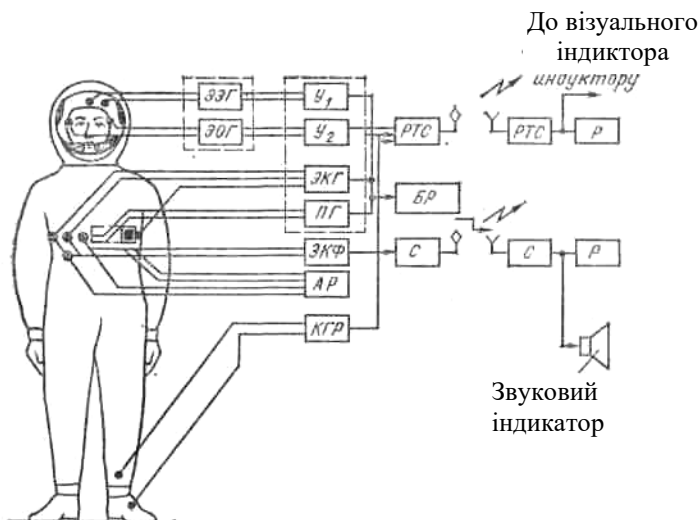


Рис. 9.4. Схема біотелеметричної системи космічного корабля

Досить перспективним є використання мовного сигналу оператора. Можливість застосування методу полягає в тім, що практично будь-який вид діяльності оператора пов'язаний з мовою (розмова по телефону, відповіді на запити інших операторів, доповіді начальникам і т. п.). Даний метод не порушує і не змінює діяльності операторів, крім того, він дозволяє здійснити безперервний, автоматичний, дистанційний і безконтактний контроль стану оператора.

У мовному сигналі присутні ознаки, що характеризують не тільки індивідуальні особливості оператора, але також його емоційний і фізіологічний стан, причому ці ознаки можна виділити й відокремити.

Ще одним із безконтактних методів є актограма — реєстрація мимовільних переміщень положення тіла оператора щодо крісла. Актограма найбільш зручна для реєстрації стану стомлення в операторів, які знаходяться в стані оперативного спокою (що працюють у режимі очікування сигналів).

Для проведення безконтактного контролю може використовуватися також реєстрація щільності променистого потоку інфрачервоного діапазону зі скроневої області голови оператора.

У відповідності до зазначеного вище застосування систем контролю дозволяє:

- здійснювати поточний контроль стану оператора;
- забезпечувати видачу рекомендацій і здійснення керування людськими й машинними ланками і СЛМ у цілому за даними результатів контролю;
- досліджувати СЛМ із метою оптимізації зв'язків між людиною й машиною, а отже, і підвищення ефективності діяльності оператора.

Розглянемо як приклад систему контролю функціонального стану — розробку науковців кафедри „Охорона праці та навколишнього середовища” УкрДАЗТ — *Комплекс психофізіологічного передрейсового контролю локомотивних бригад «Гама»* (рис. 9.5).



Рис. 9.5. Комплекс передрейсового контролю локомотивних бригад „Гама-2”

Одним із найважливіших заходів щодо забезпечення надійності машиністів локомотивів є передрейсовий контроль. У наш час існує передрейсовий медичний контроль, метою якого є виявлення станів, пов'язаних із патологією (захворюванням). Він включає традиційні медичні методи, такі як тиск крові, пульс, температура. Ці методи з певною вірогідністю можуть виявити захворювання, що вже наявне, але не дозволяють виявити цілий ряд станів, що не входять до класу патології, але істотно знижують працездатність машиністів.

Звідси випливає необхідність доповнення існуючого контролю психофізіологічним контролем, який будучи більш чутливим, дозволяє вирішувати ці проблеми. Більш того, він дозволяє вирішувати ще ряд питань, пов'язаних із збереженням професійного здоров'я машиністів.

Введенню такого контролю в наш час заважає відсутність необхідної технічної бази, створенням якої займаються науковці, у тому числі УкрДАЗТ. Даний дослідницький психофізіологічний комплекс цілеспрямований на одержання інформації про стан найбільш важливих систем організму людини.

Комплекс передрейсового контролю машиністів локомотивів дозволяє вирішувати такі завдання:

1. Виявляти машиністів, функціональний стан яких є таким, що не може забезпечити достатньої надійності роботи. При цьому повинні насамперед виявлятися такі стани, як стомлення, стрес, інтоксикації, прикордонні стани.

2. Визначати динаміку "рівня здоров'я" машиніста для цілей запобігання захворюваності за рахунок своєчасної профілактики.

3. Давати об'єктивну, позбавлену суб'єктивного впливу, перенесену на носії (насамперед електронні) інформацію як про результати даного обстеження, так і про динаміку стану протягом заданого проміжку часу.

Розроблений дослідницький комплекс передрейсового контролю дозволяє досліджувати такі системи організму, як

серцево-судинну, центральну нервову системи, психомоторний апарат, психічні функції.

Для побудови системи моніторингу рівня поточної надійності робітників включені методи визначення біологічного віку та кількісна оцінка рівня здоров'я.

Комплекс виконано на базі ПЕОМ із допоміжною апаратурою, виконаною на мікропроцесорній елементній базі.

Комплекс створює базу даних на кожного робітника, формує „індивідуальну норму”, проводить діагностику поточної надійності, моніторинг рівня здоров'я.

9.8. Корекція функціонального стану

Кінцевою метою контролю й діагностики станів оператора є їхня нормалізація (керування станом). Вона являє собою систему впливів, спрямованих на запобігання несприятливих станів оператор, і має на меті попередження помилок людини й збереження її здоров'я.

На стан людини можуть впливати багато факторів — це режим праці й відпочинку, вплив зовнішніх подразників, у т.ч. фармакологічних, фізичних, різні види саморегуляції стану та ін.

Найбільш природними засобами впливу є грамотно організовані фізичні навантаження. Особливо коли йдеться про нормалізацію стану за наявності емоційного стресу. Фізична активність призводить до швидкої нейтралізації гормонів стресу і таким чином до його зменшення.

Нетривалі заняття загальнорозвиваючими фізичними вправами перед початком робочої зміни скорочують період вроблюваності і підвищують життєвий тонус організму. Фізичні вправи, виконувані щогодини чергування за пультом керування при монотонній роботі (п'ятихвилинні фізкультурні паузи), знижують втому і підвищують працездатність. Фізично треновані оператори мають переваги перед нетренованими: більшу швидкість виходу

на рівень стійкої працездатності; більш високу стабільність роботи; менше число помилок.

Зняття нервово-психічної напруги сприяє створення на підприємствах кімнат психологічного розвантаження. У них рекомендовано створити динамічний і статичний світлоколірний і звуковий клімат, імітувати у виробничих умовах природне оточення. Практика свідчить про те, що у працівників після сеансу психологічного розвантаження підвищуються настрої, працездатність, увага, швидкість реакції, поліпшується загальний стан центральної нервової системи. На думку фахівців, усе це істотно підвищує продуктивність праці й одночасно знижує травматизм.

Дуже ефективним засобом оптимізації функціонального стану людини є руська парна баня. Вона допомагає зняти втому та нервові напруження після напруженої праці, одночасно тренуючи імунну та серцево-судинну системи. Доведено, що вона є найкращим засобом виведення з організму шкідливих речовин, зокрема радіонуклідів, що у зв'язку з Чорнобилем є дуже актуальним. Вона є чи не єдиним засобом, який, даючи дуже корисний ефект для здоров'я, не вимагає ніяких неприємних напружень, а навпаки дає букет позитивних емоцій.

Один із способів оптимізації стану — емоційно-вольове (аутогенне) тренування. Основна мета його — навчити людину способам саморегуляції вищих психічних і фізіологічних функцій активізувати увагу, виробити стан психічної готовності до виконання професійної діяльності. Однак варто враховувати ряд труднощів, а саме: необхідність у кваліфікованих інструкторах, відсутність спеціальних умов для тренувань, визначеної підготовленості працівників.

Ефективним для підвищення працездатності людини-оператора є також зняття виниклого в процесі роботи нервово-психологічного навантаження й стомлення приладами для індивідуальної психотерапії.

Останнім часом особливу увагу привертають засоби, що реалізують так званий біологічний зворотний зв'язок (БЗЗ). Він являє собою методику, що дає можливість безпосередньої взаємодії людини і пристрою, здатного інформувати її про миттєві зміни в часі деяких функцій організму. Така інформація дозволяє довільно керувати цими функціями. Це і частота пульсу, і артеріальний тиск, і багато інших, аж до показників електричної активності мозку. Такого ж ефекту досягають йоги, але їхній шлях, що навчає тонко відчувати свій організм, займає багато років.

Наявність у кімнатах відпочинку для працівників локомотивних бригад апаратури, що реалізує метод БЗЗ, сприяє ефективному відновленню працездатності шляхом швидкого зняття втоми й входження в режим сну.

Слід зазначити, що БЗЗ–метод не використовує ніяких зовнішніх впливів на людину. У ході БЗЗ–сеансу необхідні фізіологічні датчики реєструють потрібні фізіологічні параметри, які потім надходять у комп'ютер, аналізуються й у зрозумілій і легкодоступній формі подаються людині або на екрані монітора, або як звуки тощо. Отже, людина починає бачити і чути свої фізіологічні реакції, у звичайних умовах не доступні свідомості. Це створює умови для нормалізації цих фізіологічних реакцій шляхом перенавчання.

На кафедрі «Охорона праці і навколишнього середовища» УкрДАЗТ розроблено ряд приладів для БЗЗ сімейства „Антистрес” (рис. 9.6). Вони призначені для навчання довільної зміни деяких вегетативних функцій (зниження рівня стресу) шляхом подачі у вигляді зворотного зв'язку інформації по одному з параметрів організму.

Зворотний зв'язок здійснюється через зоровий і слуховий аналізатори шляхом індикації й подачі відповідного звукового тону в телефони.



Рис. 9.6. Прилад БЗЗ „Антистрес–3”

Контрольні запитання

1. Що розуміється під функціональним станом оператора?
2. У чому полягає закон Йеркса – Додсона?
3. Що таке стомлення і його роль в операторській праці?
4. Які прояви стомлення?
5. Що таке монотонія, як вона впливає на оператора?
6. Що таке стрес, як він впливає на діяльність оператора?
7. Що таке прикордонні стани?
8. Які існують види контролю функціонального стану?
9. Які є засоби нормалізації функціонального стану?

10. ЕРГОНОМІКА РОБОТИ З ПЕРСОНАЛЬНИМ КОМП'ЮТЕРОМ

У наш час майже всі робочі місця операторів оснащені комп'ютерами й через це ергономіка вирішує проблеми, пов'язані з тим, як робота з комп'ютером впливає на здоров'я людини і як можна уникнути несприятливого його впливу на людський організм.

Широке застосування комп'ютерів обумовило появу у користувачів симптомів, що одержали назву нездужання від тривалої напруги. До них належать головний біль, болі в шиї, напруга очей, кистьовий синдром, стомлення й стреси, викликані повторюваними діями. Деякі з цих симптомів можуть призвести до того, що користувач не зможе вже продовжувати роботу. До факторів, що викликають зазначені симптоми, відносять індивідуальні звички працівників, особливості устаткування — апаратури і меблів, а також програмного забезпечення, якими вони користуються.

Робота з дисплеями при неправильному виборі яскравості й освітленості екрана, контрастності знаків, кольорів знака і фону за наявності відблисків на екрані, тремтіння і миготіння зображення призводить до зорового стомлення, головних болів, значного фізіологічного й психічного навантаження, погіршення зору. Особливо серйозні наслідки відзначаються у дітей, які годинами грають на комп'ютерах.

Виділяється кілька основних напрямів впливу комп'ютера, пов'язаних:

- з монітором;
- з розумовою діяльністю;
- з позою.

У нормально працюючого дисплея рівні випромінювання не перебільшують рівень звичайного фонового випромінювання — вони набагато нижче за допустимий рівень. У міру віддалення доза випромінювання зменшується в геометричній прогресії.

Значному навантаженню підлягає зоровий апарат працюючих із персональним комп'ютером, оскільки діяльність оператора передбачає візуальне сприйняття відображеної на екрані монітора інформації.

Факторами, що найбільше впливають на зір, є:

1. Недосконалість способів створення зображення на екрані, в тому числі:

- неоптимальні параметри схем розгортки електронно-променевої трубки;
- довготривалий режим незмінної фокусної відстані зору або, навпаки, надмірно часте перефокусування при роботі з документами;
- несумісність параметрів моніторів та графічних адаптерів;
- недостатньо високе розрізнення монітора;
- надлишкова або недостатня яскравість зображення;
- різний рівень освітленості монітора та паперового документа;
- наявність миготіння, пульсація або тремтіння зображення;
- неякісне зведення променів, погане фокусування.

2. Непродумана організація робочого місця, яка є причиною:

- наявності відблисків на передній панелі екрана;
- відсутності необхідного рівня освітленості робочих місць;
- недотримання відстані від очей оператора до екрана.

До факторів, що дуже сильно заважають сприймати інформацію з екрана монітора, слід віднести відблиски. Вони примушують несвідомо змінювати положення голови й корпусу, напружувати зір, щоб прочитати потрібну інформацію на екрані. При цьому очі отримують додаткове навантаження, відбувається збільшення навантаження на шию, спину, плечі й руки, що призводить до швидкої втоми всього організму.

Проблему відблисків можна вирішити шляхом правильної організації робочого місця, у тому числі вибором оптимального розташування монітора. Вибір здійснюється за рахунок підставки, що забезпечує зміну розташування трубки у вертикальній та горизонтальній площинах.

Сучасні монітори мають різні конструктивні вдосконалення, які дозволяють значно знизити величину відблисків (наприклад спеціальні покриття). Якщо їх немає — суттєву допомогу надають спеціальні екрани.

За якістю передачі інформації екран дисплея істотно поступається паперу з нанесеним на ньому чорною типографською фарбою текстом.

У державних стандартах, Санітарних правилах і нормах, гармонізованих з міжнародним і європейським стандартами, установлені вимоги до двох груп візуальних параметрів: 1) яскравість, освітленість, кутовий розмір знака і кут спостереження; 2) нерівномірність яскравості, відблиски, миготіння, відстань між знаками, словами, рядками, геометричні й нелінійні перекручування, тремтіння зображення і т. д.

При роботі з дисплеєм кращим є негативний контраст — темні знаки на світлому фоні. Він знижує кількість помилок і зменшує час, затрачений на виконання робочих задач. Не повинно бути яскравих джерел світла в межах кута спостереження екрана, тобто між лінією спостереження нижньої границі екрана дисплея й горизонталі, проведеної з точки спостереження.

Рекомендується використовувати розсіяне освітлення; багато слабких джерел світла замість меншої кількості яскравих; екрани, козирки для зменшення ефектів відображення і блискоті.

У працюючих з відображеною на екрані монітора інформацією по сім та більше годин на день вірогідність виникнення астенопії (слабкості зору) та запалення очей значно вище, ніж у людей, робота яких не пов'язана з комп'ютером.

Індивідуальними причинами стомлення є: проблеми зору працюючого з дисплеями (короткозорість, далекозорість, астигматизм і т. д.); неправильна робоча поза; погане здоров'я, вплив паління, вік.

Симптоми зорового стомлення при роботі з дисплеями впливають на порушення таких процесів: 1) приймання і переробка інформації; 2) окомоторна координація; 3) увага та її концентрація; 4) моторні функції; 5) соціальні прояви (задоволеність працею, міжособистісні відносини і т. д.).

Відповідно до рекомендацій Всесвітньої організації профспілок час роботи з дисплеєм не повинен перевищувати 50 % загального робочого часу. Рекомендовано робити перерви на 15 хв щогодини при інтенсивній роботі і кожні 2 год при менш інтенсивній. Особлива увага звертається на монотонні види роботи. Нижче наведені фактори впливу комп'ютера на користувача.

Специфіка розумової праці постійних користувачів персональних комп'ютерів призводить до того, що вони частіше піддаються психологічним стресам, функціональним порушенням центральної нервової системи, хворобам серцево-судинної системи та верхніх дихальних шляхів.

Нерухома напружена поза оператора, який довгий час прикутий до екрана, сприяє припиненню локального кровотоку, що призводить до стомленості та виникнення болю, а потім і захворювань хребта, шиї, суглобів.

Інтенсивна робота з клавіатурою з тих же причин спричиняє больові відчуття у ліктьових суглобах, передпліччях, зап'ястках, кистях та пальцях рук та може стати джерелом тяжких захворювань рук.

Система "людина — дисплей" змушує користувача тривалий час знаходитися в майже *фіксованій позі*, його рухи обмежені, увага напружена й спрямована на екран руки, фіксовані на клавіатурі. Відносно статичне положення людини при роботі з дисплеєм призводить до напруги м'язово-скелетної системи.

Найкращі умови роботи користувача з клавіатурою забезпечуються в тих випадках, коли його кисті й передпліччя займають положення, близьке до горизонтального.

Ще однією несприятливою дією комп'ютера є акустичний шум, у тому числі ультразвук, який супроводжує роботу комп'ютера.

Сукупність всіх цих факторів негативно впливає на організм людини. Більшість з них можна усунути шляхом організації правильного режиму й умов праці оператора.

Щоб уникнути навантаження на хребетний стовбур оператора, необхідно дуже уважно підійти до питання організації робочого місця. Робочі меблі при роботі з комп'ютером відіграють важливу роль у створенні ергономічно оптимальних умов діяльності людини. Грамотне їх використання дозволяє зменшити ступінь стомленості, збільшити працездатність, продуктивність праці, концентрацію уваги.

Правильний режим роботи має важливе значення у профілактиці професійних захворювань рук оператора. Перерви в роботі, розігрівання м'язів, потягування — усе це допомагає відвернути хворобу.

Для зменшення негативного впливу на зоровий апарат рекомендується періодично змінювати фокусну відстань (дивитися вдалину) та робити спеціальні вправи для очей (переведення погляду вліво—вправо, вгору—вниз, кругові рухи очима).

Ідеальне робоче місце оператора має відповідати ряду вимог:

1. Оптимальна відстань від очей оператора до екрана монітора й оптимальний уклін лінії погляду (голова не повинна бути підведенаю).

2. Достатня освітленість робочих документів і відсутність відблисків на поверхні екрана.

3. Правильна поза сидіння та кут нахилу тулуба.

4. Правильне положення рук на клавіатурі.

5. Регулярне дихання.

Для ідеального робочого місця необхідно:

- 1) монітор, що задовольняє своїми візуальними характеристиками міжнародні вимоги, з регульованою яскравістю та контрастністю екрана, частотою розгорнення не менше 75 Гц (краще 100 Гц);
- 2) за необхідності захисний фільтр;
- 3) регульований стіл для комп'ютера, що дозволяє змінювати висоту положення клавіатури;
- 4) регульоване крісло;
- 5) підставка для ніг;
- 6) тримач для робочих матеріалів.

Раціональна організація режимів праці й відпочинку — важлива умова профілактики передчасного стомлення при роботі з дисплеями.

Помічено, що часті короткі перерви дозволяють значно знизити рівень стомлення і, незважаючи на скорочення загального часу роботи, збільшити продуктивність праці.

Контрольні запитання

1. Які симптоми одержали назву нездужання від тривалої напруги?
2. Які небезпечні фактори є у монітора персонального комп'ютера?
3. Які фактори впливу монітора на зір?
4. Як впливає організація робочого місця на здоров'я користувача?
5. Який режим праці потрібен користувачу ПК?
6. Які вимоги до ідеального робочого місця користувача?
7. Що треба робити, щоб мінімізувати шкоду користувачу?

11. ПРОЕКТУВАННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ

11.1. Робоче місце — найменша цілісна одиниця виробництва

Робоче місце — це простір, в якому розташовані засоби відображення інформації, органи управління і допоміжне обладнання для виконання трудової діяльності оператора або групи операторів.

Досвід експлуатації сучасних машин показує, що відсутність чітких рекомендацій із проектування робочих місць постів керування, пов'язаних з урахуванням особливостей людського організму, породжує велику кількість дефектів компонування характеру. Уникнути цього можна тільки в тому випадку, якщо при проектуванні машини поряд з особливостями забезпечення загальних технологічних вимог до неї будуть також виконуватися й основні умови з раціонального компонування, засновані як на досвіді експлуатації, так і на обліку анатомічних і фізіологічних особливостей людського організму.

11.2. Основи антропометрії

Антропометрія — один із методів дослідження в антропології (науці про людину), заснований на вимірюваннях частин людського тіла. Разом із зором, слухом і можливостями інших органів чуттів форма й розміри людської фігури є відправними умовами в тих випадках, коли необхідне раціональне конструювання робочого місця. У результаті зіставлення даних антропометричних вимірів багатьох тисяч індивідуумів визначені розміри і середні пропорції людського тіла. Причому внаслідок того, що керування машинами здійснюється переважно дорослими чоловіками, за цією категорією людей і існують найбільш повні матеріали.

Багато яких, якщо не більшість, вимірювань, що характеризують людину, змінюються відповідно до закону Гауса (рис. 11.1). Варіативність багатьох характеристик людей, тобто відхилення при антропометричних вимірюваннях тіла людини, наближається до цього закону розподілу: більшість вимірювань величин лежить у центрі кривої і тільки незначна частина — по краях.

Кращою характеристикою центральної частини кривої розподілу є середнє арифметичне значення M , що являє собою частку від розподілу $\sum x$ на N , де x — величина вимірювання, N — число вимірювань. Найточнішою характеристикою рівномірності розподілу Гауса є стандартне відхилення σ , що дорівнює

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum x^2}{N}}, \quad (11.1)$$

де x — відхилення величини кожного вимірювання від середнього значення.

Іншими словами, σ є середньоквадратичним відхиленням від середнього значення. При ідеальному дотриманні закону нормального розподілу діапазон величин в інтервалі значень a від -1 до $+1$ включає 68 % вимірювань характеристики.

Оскільки розміри більшості людей попадають у середню частину площі, обмеженою кривою, а по краях їх усе менше і менше, то антропометричні дані характеризуються скоріше областями, ніж визначеними точками і, отже, не існує жодної стандартної людини із заданими розмірами тіла, а існують тільки апроксимації до цих областей. Саме тому при проектуванні машин, керованих людиною, велике значення має введення пристроїв, що дозволяють регулювати робочі місця відповідно до розмірів тіла оператора.

У практиці проектування інтервал більше $M \pm 2,0\sigma$ не береться, тому що розширення границь недоцільно з економічної точки зору. Однак при проектуванні це потрібно враховувати, щоб робоче місце забезпечувало досяжність до органів керування для оператора з мінімальним зростом і не було тісним для людини з максимальним зростом.

Оскільки крива Гауса (рис. 11.1) побудована на підставі даних, що охоплюють випадкову групу осіб зі зростом 144-189 см і містять 97,8% загальної чисельності спостережень (причому середня арифметична зросту M дорівнює при цьому 167 см при середньому квадратичному відхиленні розмірів $\sigma=6$ см), то розмах варіативності величин невеликий. Тому введено поняття перцентиля.

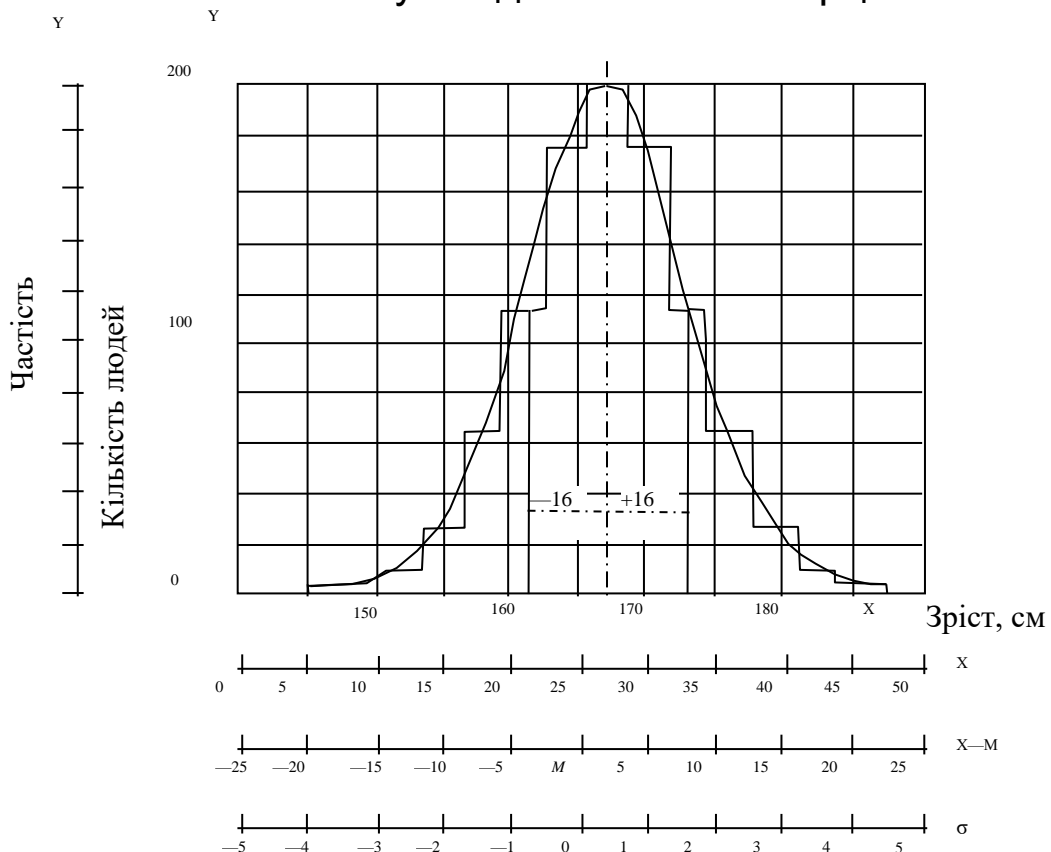


Рис. 11.1. Дзвіноподібна крива нормального розподілу (крива Гауса):

x — величини характеристики; y — відносна частість, із якою можна зустріти людей, які мають величини характеристики, що дорівнюють x

Перцентиль — це значення вимірюваного показника, що відтинає в його розподілі соту частину обсягу обмірюваної сукупності.

Перцентилі при проектуванні дозволяють використовувати більш реалістичне поняття діапазону розмірів людського тіла, ніж розмах варіативності величин від мінімального до максимального значення в нормальному розподілі. Щоб одержати мінімум антропометричних ознак (вимірів), необхідно вимірити: вагу, ріст стоячи і сидячи, окружність грудної клітки, силу м'язів, що згинають долоні й пальці рук, силу м'язів спини або станову силу, життєву ємність легень і т. д.

Різні види одягу змінюють вагу й у більшості випадків збільшують розміри людини. Ці обставини необхідно враховувати вже на початковій стадії конструювання. Причому при конструюванні устаткування з урахуванням розмірів людини в одязі не можна орієнтуватися на граничні розміри, а необхідно вносити виправлення, наприклад, на складки й нерівності скафандра або іншого спецодягу в місцях вигину і на особливі пристосування, що часто бувають на одязі, зокрема петлі для ремня, персональне устаткування і т. д.

11.3. Методи антропометричної оцінки проектів

Структура робочого простору визначає насамперед положення тіла працівника в процесі виробничої діяльності з усіма наслідками, що звідси впливають, щодо стомлення працівника, його безпеки, якості й швидкості виконання роботи, а часто також і з далекосяжними наслідками для здоров'я працівника. Основним способом боротьби з негативними наслідками є пристосування структури простору робочого місця до антропометричних характеристик працівників. Метою антропометричної оцінки проектів при їх ергономічному вивченні і є саме встановлення рівноваги між навантаженням на людину на

робочому місці та її можливостями, тобто оптимальне використання сил, розмірних і об'ємних характеристик і можливостей людини.

Існує три методи, що дозволяють використовувати антропометричні дані при проектуванні робочого місця:

- а) *моделювання в натуральну величину;*
- б) *метод накладання;*
- в) *метод манекенів.*

У практичному застосуванні метод манекенів менш точний, але більш простий. Метод полягає у використанні плоских моделей людини (з точним дотриманням дійсних пропорцій), оснащених шарнірами, що дозволяють ставити моделі в такі положення, які обирає людина при виконанні робіт. Такі манекени виконуються в натуральну величину або в масштабах 1:5 — 1:10 і містяться на макетах відповідних робочих місць, виконаних у тім же масштабі, що і манекен. Таким чином, можна знайти помилки в рішеннях з пристосування робочих місць до антропометричних даних людини. При цьому варто мати на увазі, що габарити манекенів повинні відповідати не тільки середнім, але і граничним розмірам людей.

11.4. Оцінка компонування засобів відображення інформації й органів управління

На робочому місці може розміщатися велика кількість приладів. Тому недостатньо врахувати тільки ергономічні характеристики окремих приладів, необхідно забезпечити їхнє правильне взаємне розташування або компонування.

Розташування приладів має відповідати вимогам максимальної надійності одержання інформації й зручності роботи оператора.

При компонуванні засобів відображення інформації (ЗВІ) й органів управління (ОУ) завдання полягає у виборі оптимального варіанта, що максимально задовольняє би ергономічні вимоги (рис. 11.2).

Робочі місця можуть бути класифіковані за різними ознаками. Серед 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 є індивідуального і групового використання.

За характером робочих операцій, які виконує людина, вони поділяються на автоматизовані й механізовані.

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

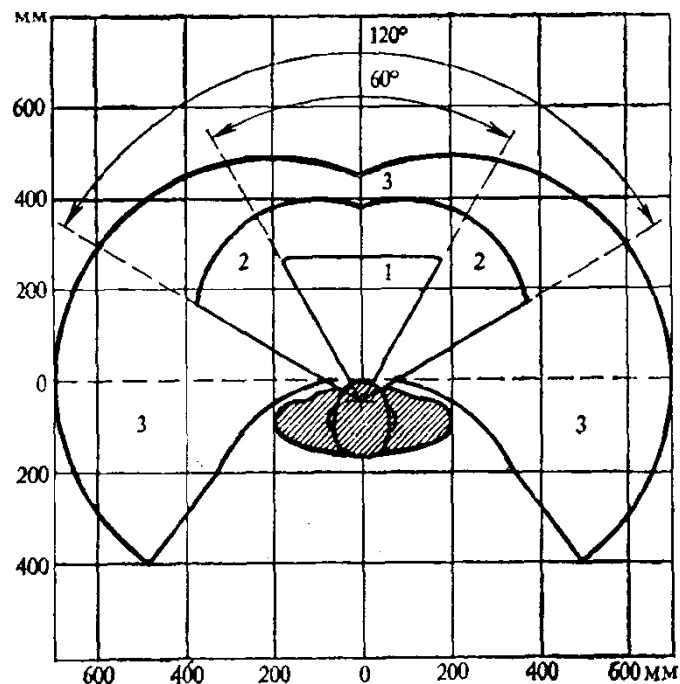


Рис. 11.2. Зони досяжності моторного поля:

- 1 — зона для розміщення найбільш важливих і дуже часто використовуваних ОУ (оптимальна зона моторного поля);
- 2 — зона для розміщення часто використовуваних ОУ (зона легкої досяжності моторного поля);
- 3 — зона для розміщення рідко використовуваних ОУ (зона досяжності моторного поля)

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

Сам термін «робоча поза» означає 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 протіканню процесів сприймання й переробки інформації (рис. 11.3).

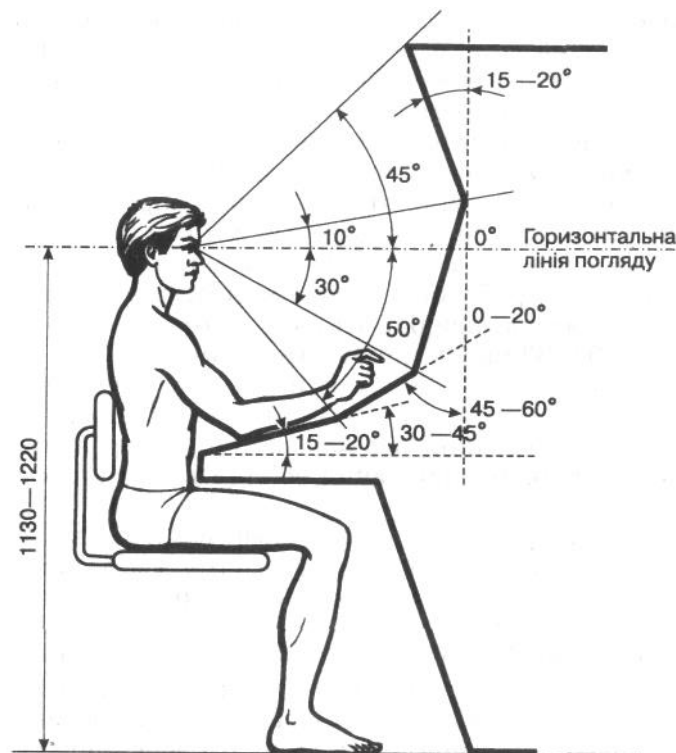


Рис. 11.3. Робоча поза „сидячи”

Основою такого автоматизованого робочого місця управління є пульт управління, який може мати різні форми.

Фронтальна форма пульта застосовується при можливості розташування всіх ОУ й ЗВІ у відповідних зонах:

- ОУ — у максимальній і допустимій зонах досяжності;
- ЗВІ — у зонах центрального й периферійного поля зору.

Трапецієподібну форму пульта використовують тоді, коли неможливо ЗВІ й ОУ розташувати на пульті фронтальної форми. У цих випадках вони частково

розміщуються на бокових панелях, розгорнутих відносно фронтальної під кутом 90° — 120° .

Головною проблемою при проектуванні пультів управління є розташування ЗВІ й ОУ. Підвищення точності і швидкості дій операторів передбачає розташування ЗВІ і ОУ з дотриманням принципів функціональної відповідності, об'єднання, поєднання стимулу і реакції, послідовності дій, важливості й частоти використання.

Робочі сидіння повинні забезпечувати:

- підтримку такого положення тіла у просторі, за якого навантаження на м'язи та хребет буде мінімальним;
- умови для зміни робочої пози з метою зняття статичної напруги м'язів спини;
- нормальне функціонування організму людини;
- зручність розміщення у кріслі й підведення з нього;
- вільне переміщення тулуба й кінцівок тіла у процесі роботи;
- повільне або ступінчасте регулювання параметрів.

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

Контрольні запитання

1. Що таке робоче місце?
2. Що вивчає антропометрія?
3. Які є методи антропометричної оцінки проектів?
4. Яким вимогам повинне відповідати розташування приладів?
5. Які принципи розташування ЗВІ і ОУ?

Бібліографічний список

1. Платонов Г.А. Эргономика на железнодорожном транспорте. – М.: Транспорт, 1986. – 296 с.
2. Мунипов В.М., Зинченко В.П. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды: Учеб. пособие. – М.: Логос, 2001. – 356 с.
3. Ашеров А.Т., Капленко С.А., Чубук В.В. Эргономика информационных технологий: Учеб. пособие. — Харьков: Изд. ХГЗУ, 2000. – 224 с.
4. Трофімов Ю.Л. Інженерна психологія. – К.: Либідь, 2002. – 263 с.
5. Нерсисян Л.С. Психологические аспекты повышения надежности управления движущимися объектами. – М.: Промдэк, 1992. – 288 с.
6. Ашеров А.Т., Сажко Г.И. Эргономика информационных технологий: Курс лекций. – Харьков: УИПА, 2004. – 224 с.
7. Душков Б.А., Королев А.В., Смирнов Б.А. Основы инженерной психологии. – М.: Академический проспект, 2002. – 573 с.
8. Справочник по инженерной психологии /Под ред. Б.Ф. Ломова. – М.: Машиностроение, 1982. – 368 с.
9. Самсонкин В.Н. Теоретические основы контроля человеческого фактора в человеко-машинных системах на железнодорожном транспорте: Дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.08. – Харьков, 1997. – 412 с.
10. Буров О. Ю. Ергономічні основи розробки систем прогнозування працездатності людини–оператора на основі психофізіологічних моделей діяльності: Дис. ... д-ра техн. наук. – Київ, 2004. – 368 с.
11. Психологические тесты. – М.: Владос, 2002. – Т. 1. – 312 с.
12. Апостолук С.О., Апостолук А.С., Джигирей В.С., Бехта П.А. та ін. Основи ергономіки: Навч. посібник. – К., 2003. – 135 с.

13. Брусенцов В.Г., Гончаров А.В. Комп'ютерний комплекс контролю психофізіологічного стану локомотивних бригад // Інформаційно—керуючі системи на залізничному транспорті. – 2001. – №5. – С. 115.
14. Широков А.П. Основы эргономики на железнодорожном транспорте: Учеб.–метод. пособие. – Хабаровск, 2000. – 300 с.
15. Кривной А.М., Нерсисян Л.С., Кочетков А.В., Брусенцов В.Г., Мороз Ю.И., Бурехзон Е.А. Средства и методы психологического профессионального отбора машинистов с целью повышения безопасности движения //Железнодорожный транспорт (сер. "Безопасность движения").– М., 1991. – Вып. 4. – С. 6–15.
16. Анохин П.К. Узловые вопросы теории функциональной системы. – М.: Наука, 1980. – 197 с.

Визначення складності алгоритму діяльності людини-оператора

Для опису структури діяльності людини-оператора застосовується цілий ряд засобів. Одним з найбільш поширених є засіб алгоритмічного опису, який спирається на положення, що будь-яке управління здійснюється за допомогою переробки інформації, виконаної за відповідними правилами (алгоритмами). Поняття алгоритм визначається як сукупність елементарних актів переробки інформації, що визначає їх послідовність і забезпечує вирішення поставленого завдання.

Найпростішими складовими алгоритму вважаються оперативні одиниці, які використовуються людиною в її роботі як щось цілісне. Такими одиницями (елементарними діями) є: сприймання або витягування з пам'яті образів, понять, суджень, а також дії, прості або складні, але які мають закінченість у діяльності людини.

Оперативні одиниці можуть бути двох видів:

1) *логічні умови* (образ, поняття, судження), що фігурують як інформаційні одиниці в процесі формування або вибору умов;

2) *"оператори-дії"*, під якими розуміються ті або інші дії людини.

Робочий процес розглядається як сукупність елементарних оперативних одиниць переробки керуючої інформації. Для запису алгоритму застосовуються дві основні форми:

1) логічна схема;

2) блочна схема.

У логічній схемі алгоритму великими латинськими літерами позначають "оператори-дії", малими — логічні умови, визначаючи вибір того чи іншого типу "оператора-дії". Кожна логічна умова має два можливих виходи. Від кожного символу логічної умови починається нумерована

стрілка (\uparrow^3), що закінчується біля іншого символу (\downarrow^3). Робота логічної схеми алгоритму починається з того, що спрацьовує крайній лівий член схеми. Після цього визначається, який елемент повинен працювати після нього; якщо першим був "оператор-дія", то за ним має спрацювати той член схеми, який безпосередньо йде за ним, тобто другий. Якщо ж перший член схеми — логічна умова, то можливі два виходи: або логічна умова виконується (тоді спрацьовує наступний член алгоритму), або ж вона не виконується (в цьому випадку спрацьовує той член, до якого веде стрілка, що нумерувалася і яка починається після даної логічної умови). Подальша робота схеми відбувається аналогічно. Ситуація, коли логічна умова виконується, позначається як "1", а коли не виконується — як "0". Аналіз схеми алгоритму дозволяє отримати деякі кількісні характеристики трудової діяльності оператора.

Показник стереотипності оцінюється за наявністю в алгоритмі безперервних послідовностей без логічних умов, а також за тривалістю цих послідовностей. Цей показник визначається за формулою

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

де $X_n^{(0)}$ — число послідовних елементів у групі без логічних умов з 1, 2... k членів;

$P_n^{(0)}$ — імовірність появи таких груп.

Показник стереотипності досягає максимального значення, що дорівнює k , коли в алгоритмі немає логічних умов, тобто послідовність дій оператора однозначно детермінована і не залежить від будь-яких умов. Мінімально можливе значення дорівнює одиниці.

Показник логічної складності визначається таким виразом:

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

де X_n^L — число логічних умов, що перевіряються в групі з 1, 2, ..., m таких умов;

P_n^L — імовірність появи таких груп.

Цей показник визначає необхідність перебудови системи дій у випадку зміни системи сигналів. Можливі межі зміни, якщо $0 \leq L \leq m$.

Напруженість (інтенсивність) виконання алгоритму визначається числом елементарних оперативних одиниць, що виконуються в одиницю часу. Цей показник (операції за секунду) визначається за формулою

$$V_a = \frac{k + m}{\tau},$$

де k і m – загальне число "операторів-дій" і логічних умов в алгоритмі;

τ – загальний час зміни, с.

Визначення складності алгоритму діяльності людини-оператора

Алгоритм має вигляд

$$\downarrow^6 A B D c \uparrow^1 \downarrow^2 f \uparrow^3 E h \uparrow^2 F \uparrow^6 \downarrow^3 f \uparrow^5 G \uparrow^4 \downarrow^1 \uparrow^7 h \uparrow^6 I \uparrow^7 Q \uparrow^6.$$

Припустимо, що число повторень алгоритму дорівнює 100. Для визначення базових характеристик переписуємо алгоритм у спрощеному вигляді

$$A B D c f E h F f G h I Q.$$

Таблиця Д.1.1

Символ	Зміст операторів
A	Очікування черговим повідомлення про відправлення до нього поїзда
У	Одержання очікуваної інформації
D	Запит диспетчера про порядок пропускання поїзда
E	Команда про пропускання по головному шляху
F	Те саме, по боковій колії
G	Приймання потяга на головний шлях
Q	Те саме, на бокову колію

Таблиця Д.1.2

Символ	Зміст логічної умови
<i>c</i>	Видалення перед поїздом, що йде, достатнє
<i>f</i>	Головний шлях вільний
<i>h</i>	Бокова колія для приймання поїзда є
<i>l</i>	Поїзд по довжині вміщається на бокову колію

Бачимо, що в алгоритмі п'ять груп „операторів-дій”, у тому числі одна група містить три „оператори-дії” і чотири групи — по одному „оператору-дії”.

Звідси показник стереотипності

$$Z = \frac{3}{5} \times 1 + \frac{1}{5} \times 4 = \frac{7}{5} = 1,4.$$

Логічні умови розподілені за чотирма групами, із них дві групи — по дві умови і дві — по одній умові.

Звідси показник логічної складності

$$L = \frac{2}{4} \times 2 + \frac{1}{4} \times 2 = 1,5.$$

Для визначення інтенсивності береться час чергування в секундах (43200).

Напруженість (операцій за секунду) дорівнює

$$V = \frac{(7 + 6) \cdot 100}{43200} = 0,03.$$

Визначення кількісних характеристик діяльності людини-оператора

Людина-оператор розглядається в ергономіці як специфічна ланка СЛМ і характеризується рядом показників, зокрема швидкодією, надійністю, точністю. Ці показники мають свої аналоги у машинній частині системи. Крім того, оператор характеризується специфічними характеристиками, такими як, наприклад, психофізіологічна напруженість. Ці показники не мають аналогів у машинній частині.

Показником швидкодії є час розв'язання задач оператором, тобто час від моменту появи сигналу до моменту закінчення здійснення керуючих впливів. У найпростішому випадку цей час пропорційний кількості переробленої людиною інформації і визначається як, с,

$$T_{оп} = a + bj,$$

де j — кількість переробленої інформації;
 a, b — константи.

Іноколи за наявності черги сигналів оператор не відразу приступає до їх обробки. У цьому випадку на очікування сигналу обслуговування витрачається певний час, що збільшує загальний час обслуговування. Необхідна швидкодія оператора визначається тривалістю циклу управління, що звичайно задана і висловлюється виразом

$$T_{ц} = \sum_{i=1}^n t_i + \tau_{он},$$

де $T_{ц}$ — тривалість циклу управління;
 t_i — час затримки сигналу в i -й ланці машини;
 n — число машинних ланцюгів;
 $T_{оп}$ — швидкодія оператора.

При заданому T_u і відомих t_i від операторів вимагається швидкодія

$$\tau_{on} \leq T_u - \sum_{i=1}^n t_i .$$

Під точністю роботи оператора розуміють ступінь відхилення деякого параметра, що вимірюється, настраюється або регулюється, від свого істинного, заданого або номінального значення. Кількісно точність роботи оператора оцінюється величиною похибки, з якою оператор вимірює, встановлює або регулює параметр:

$$\gamma = I_n - I_{on} ,$$

де I_n — істинне або номінальне значення параметра;

I_{on} — фактично зміряне або відрегульоване оператором значення параметра.

У роботі оператора розрізняють випадкову і систематичну похибку. Випадкова похибка оператора оцінюється величиною середньоквадратичної похибки. Систематична похибка залежить як від умов роботи оператора, так і від його стану.

Величина похибки може мати як додатний, так і від'ємний знак. Поняття помилки і похибки близькі, але не тотожні. Так, доки величина похибки не виходить за допустимі межі, вона не є помилкою, і навпаки. Поняття похибки найбільш важливе для тих випадків, коли параметр, що вимірюється або регулюється, являє собою аналогову або безперервну величину.

Надійність діяльності оператора характеризується звичайно імовірністю правильного розв'язання задачі. Для оцінки цієї імовірності використовується формула

$$P_{on} = \frac{M}{N},$$

де M — число правильно розв'язаних задач;
 N — загальне число задач, що розв'язуються.

Необхідна надійність оператора при послідовному з'єднанні ланок визначається надійністю всієї системи, яка здійснює цикл управління:

$$P_{\psi} = P_{on} \prod_{i=1}^n P_i(T_{\psi}),$$

де $P_i(T_{\psi})$ — надійність роботи i -ї ланки машини протягом часу;
 P_{ψ} — надійність всієї системи, яка здійснює управління.

З формули видно, що, оскільки всі складові менше 1, підсумкова P_{ψ} буде визначатися найменшою величиною. Звідси випливає, що для збільшення підсумкової надійності в першу чергу необхідно збільшити надійність тих ланок системи, де вона найменша, іншими словами — застосувати більш досконалі, а отже, і надійні технічні пристрої. Це дасть значно більший ефект, ніж прийняття аналогічних заходів до ланок, що мають більшу надійність.

При заданому P_{ψ} і відомих P_i машинних ланок необхідна надійність роботи оператора визначається виразом

$$P_{on} \geq \frac{P_{\psi}}{\prod_{i=1}^n P_i(T_{\psi})}.$$

Визначити потрібні кількісні характеристики діяльності людини-оператора в системі управління виробничим

процесом, що включає в себе оператора і три з'єднаних послідовно машинних ланки.

Вимагається визначити:

1. Чи забезпечить оператор за заданих умов необхідну швидкодію СЛМ?

2. Які вимоги повинні висуватися до надійності роботи оператора?

3. Чи буде забезпечена за цих умов необхідна похибка проведення циклу регулювання?

Вимоги до системи $T_{\text{ц}} \leq 15$ с, $P_{\text{ц}} \geq 0,95$, $\gamma_{\text{ц}} \leq 9$ біт.

Характеристики технічних ланок складають:

$$\begin{array}{lll} T_1 = 1,5 \text{ с}; & T_2 = 2 \text{ с}; & T_3 = 0,8 \text{ с}; \\ P_1 = 0,99; & P_2 = 0,97; & P_3 = 1; \\ \gamma_{M1} = 2 \text{ біт}; & \gamma_{M2} = 5 \text{ біт}; & \gamma_{M3} = 7 \text{ біт}; \\ V_{\text{оп}} = 2 \text{ біт/с}; & T_{\text{ож}} = 2 \text{ с}; & \gamma_{\text{оп}} = 3 \text{ біт}; \\ T_{\text{ц}} \leq 15 \text{ с}; & P_{\text{ц}} \geq 0,95; & \gamma_{\text{ц}} \leq 9 \text{ біт}; & I = 20 \text{ біт}. \end{array}$$

Визначаємо швидкодію оператора за даних умов:

$$\tau_{\text{оп}} = \tau_{\text{ож}} + \frac{I}{V_{\text{оп}}} = 2 + \frac{20}{2} = 12 \text{ с}.$$

Необхідна швидкодія оператора за даних умов

$$\tau_{\text{оп}} \leq T_{\text{ц}} - \sum_{i=1}^3 \tau_i = 15 - (1,5 + 2,0 + 0,8) = 10,7 \text{ с}.$$

Отже, швидкодія оператора не забезпечує допустиму тривалість циклу управління.

Для забезпечення цієї умови необхідно застосувати більш швидкодіючі технічні ланки (зменшити I) або організувати спеціальне навчання оператора (збільшити $V_{\text{оп}}$).

Необхідна надійність оператора дорівнює

$$P_{on} = \frac{P_{\psi}}{\prod_{i=1}^n P_i(T_{\psi})} = \frac{0,95}{0,99 * 0,97 * 1} = 0,99.$$

Таким чином, оператори повинні бути навчені і натреновані так, щоб вони припускали в середньому не більше однієї помилки при проведенні ста циклів управління.

Якщо результат буде рівним або більше одиниці, це означає, що вимоги до оператора нереально високі і для їх зменшення необхідно висунути більш жорсткі вимоги до технічних ланок.

Визначимо підсумкову середньоквадратичну випадкову помилку системи “людина – машина”:

$$\gamma_{\psi} = \sqrt{\gamma_{on}^2 + \sum_{j=1}^k \gamma_{Mj}^2} = \sqrt{3^2 + 2^2 + 5^2 + 7^2} = 9,4 \text{ біт.}$$

Як бачимо, точність проведення циклу управління не відповідає заданим вимогам. Для виконання умов необхідно в першу чергу зменшити похибку, що вноситься третім машинним блоком.

